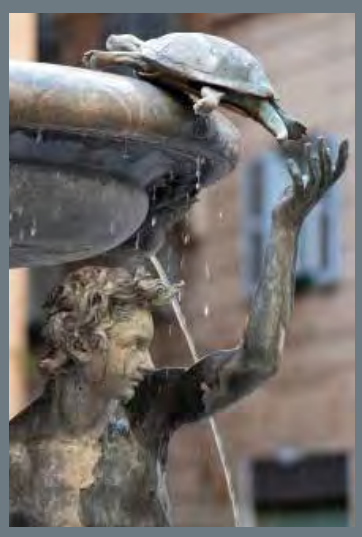
Тематическое приложение к газете №28 (2)
октябрь 2025

Коммерсантъ

Наука

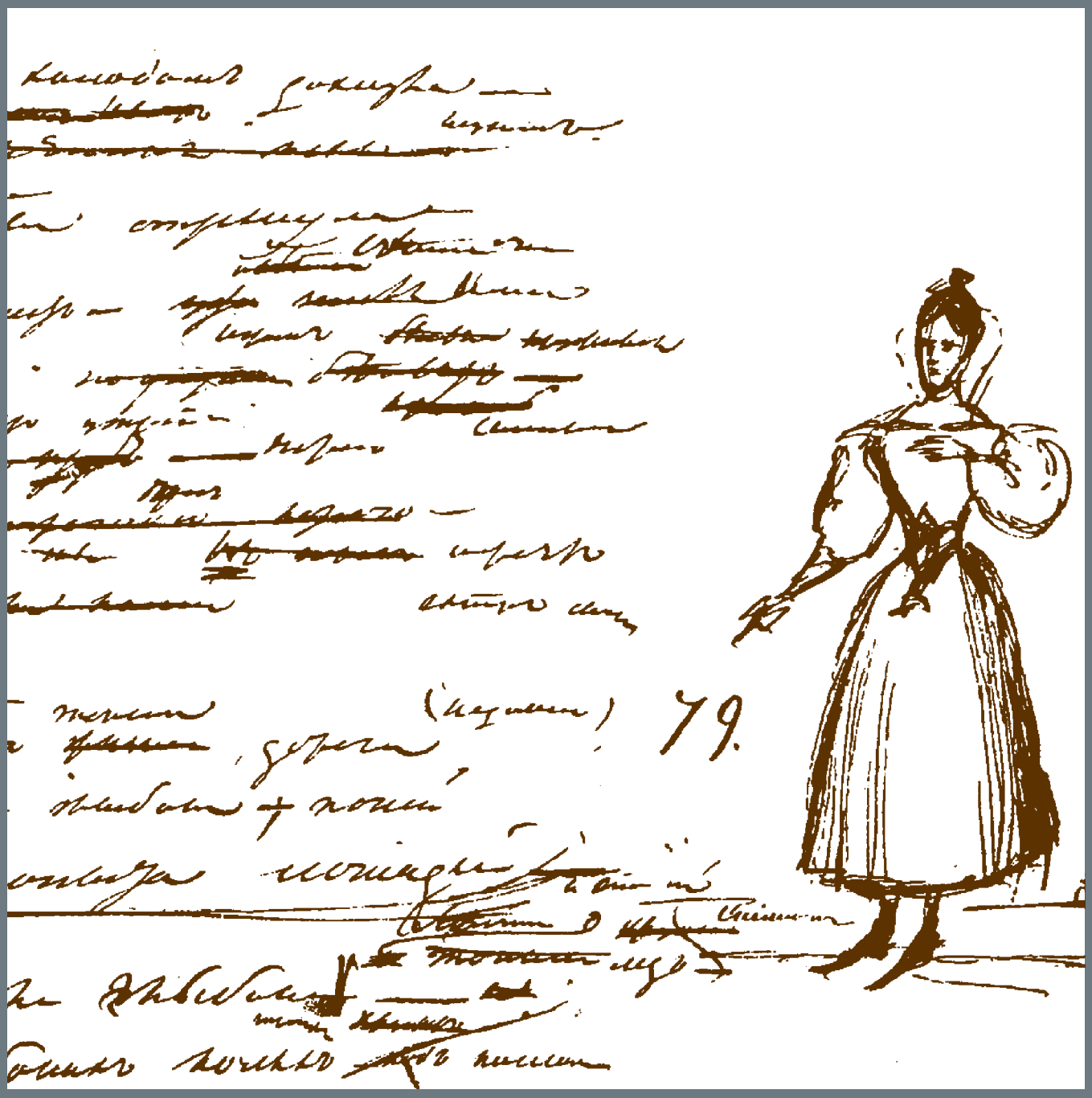
ВЕЛИКИЙ ПРОТИВНИК «ГОРОХОВЫХ ЗАКОНОВ» ГЕНЕТИКИ
Юбилей Ивана Мичурина, выдающегося русского селекционера, который наотрез отказался переезжать в Америку
[16]

НОВАЯ ОБЛАСТЬ АВИАЦИИ
Когда гражданские самолеты смогут покидать пределы атмосферы, самые дальние перелеты будут продолжаться не более пяти часов
[24]



САМЫЙ ФОНТАНИРУЮЩИЙ ГОРОД МИРА
Античное мастерство обращения с водой, которое и сегодня служит одной из главных туристических приманок Рима
[14]

ПОВЕРИТЬ АЛГЕБРОЙ ГАРМОНИЮ
Компьютерное стиховедение позволяет найти даже то, чего сам поэт о себе не знал, а еще найти поэзию в прозе — 32



октябрь 2025

ШЕФ-РЕДАКТОР
АО «КОММЕРСАНТЪ»
МИХАИЛ ЛУКИН
ДИРЕКТОР СЛУЖБЫ
«ИЗДАТЕЛЬСКИЙ СИНДИКАТ»
АЛЕКСЕЙ ШМЕЛЕВ
РЕДАКТОР
СЕРГЕЙ ПЕТУХОВ, КАНДИДАТ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК
НАУЧНЫЕ РЕДАКТОРЫ
АЛЕКСАНДР КРАВЕЦКИЙ, КАНДИДАТ ФИЛОЛОГИЧЕСКИХ НАУК
АНДРЕЙ МИХЕЕНКОВ, ДОКТОР ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК
ВЫПУСКАЮЩИЙ РЕДАКТОР
КИРА ВАСИЛЬЕВА
ГЛАВНЫЙ ХУДОЖНИК
ГАЛИНА ДИЦМАН
ФОТОРЕДАКТОРЫ
ГАЛИНА КОЖЕУРОВА,
ЕКАТЕРИНА РЕПЯХ
ГРАФИКА
ВЛАДИМИР БЕЛОВ
КОРРЕКТОРЫ
НАТАЛИЯ МОРОЗОВА,
ОЛЬГА ШИГИНА
ВЕРСТКА
СВЕТЛАНА ЗАИКИНА
ЕЛЕНА БОГОПОЛЬСКАЯ,
ТАТЬЯНА ЕРЕМЕЕВА,
МАРИНА ЗАБОТКИНА,
ИРИНА РОМАНОВСКАЯ
ФОТО НА ОБЛОЖКЕ
РОССИЙСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ БИБЛИОТЕКА

АДРЕС РЕДАКЦИИ И ИЗДАТЕЛЯ:
127006, МОСКВА,
ОРУЖЕЙНЫЙ ПЕР., Д. 41
ТЕЛ. (495) 797-6970,
(495) 926-3301

УЧРЕДИТЕЛЬ:
АО «КОММЕРСАНТЪ»

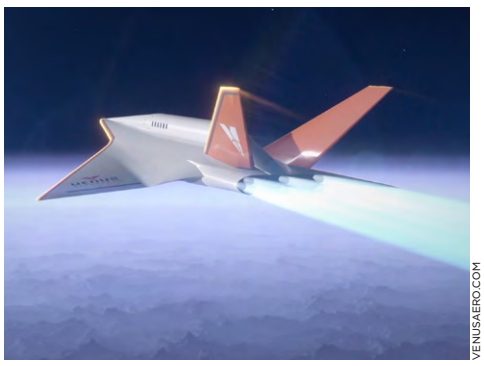
ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ К ГАЗЕТЕ «КОММЕРСАНТЪ» ЗАРЕГИСТРИРОВАНО ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБОЙ ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ СВЯЗИ, ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ, РЕГИСТРАЦИОННЫЙ НОМЕР И ДАТА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О РЕГИСТРАЦИИ:
ПИ № ФС77-76923 ОТ 11.10.2019

ТИПОГРАФИЯ:
ООО «ПЕРВЫЙ ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»,
РОССИЯ, 143405, МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ, Г. КРАСНОГОРСК,
П/О «КРАСНОГОРСК-5»,
ИЛЬИНСКОЕ ШОССЕ 4-Й КМ.
ТИРАЖ: 41 000
РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ БЕСПЛАТНО

16+

РОМАН ЯРОВИЦЫН

ДМИТРИЙ ДУХАНИН


VENUSAERO.COM

FLYSEE AGRO

АНТОН ВЕЛИКЖАНИН

новости
05 биоэкономика
«Новая реальность», к которой движется Россия, в программах РЭУ имени Плеханова

Нобелевские премии
06 физиология и медицина
Периферическая иммунная толерантность открыла золотую жилу для терапевтических интервенций
07 физика
Шедевр экспериментального искусства, который позволит найти границу квантового мира
08 экономика
Ключевую роль в развитии человечества играют нестандартно мыслящие люди
09 химия
«Магическая сумка»: и катализатор, и сенсор, и улавливатель вредных веществ

Научная премия Сбера
10 приоритеты
Научная премия Сбера не только инструмент популяризации науки, но и способ формирования исследовательских приоритетов
11 электрохимия
Академик Евгений Антипов: закупать китайские материалы — тупиковый путь
12 медицина
Академик Сергей Лукьянов: я попробовал свой новый препарат от болезни Бехтерева на себе
13 искусственный интеллект
Профессор Евгений Бурнаев: искусственный интеллект должен соединить в себе способности человека и имитировать их

картина мира
14 искусствоведение
Научная прогулка по текучей вселенной Вечного города

история науки
16 селекция
Юбилей автора афоризма «Мы не можем ждать милостей от природы, взять их у нее — наша задача»

события
18 медиарынок
Александр Жаров, генеральный директор «Газпром-Медиа Холдинга»: через два года наша библиотека достигнет миллиарда видео
20 вирусология
Пандемия ковида еще не закончилась, но подвести ее предварительные итоги уже пора
22 климатология
Как мегаполисы взаимодействуют с окружающей средой

как это делается
24 гиперзвуковые технологии
Полет за пределами атмосферы — будущее авиации
27 нейробиология
Как взаимодействуют между собой искусственно выращенные клетки головного мозга
28 энтомология
Энтомофаги — будущее защиты сельского хозяйства от вредителей

исследования
30 физика элементарных частиц
Как найти темную материю, если она не испускает, не поглощает и не отражает свет
32 стиховедение
«Музыка стиха» живет отдельной жизнью, подтверждает компьютерный анализ, включающий сотни тысяч произведений
34 альгология
Морские водоросли впервые обнаружены в Волге

образование
35 стратегия
Шестьдесят гектаров прикладной физики и других наук в Долгопрудном
36 квалифицированные кадры
Как работает федеральный проект «Профессионалитет»

интервью
37 астрофизика
Академик Борис Шустов: некоторые минеральные ресурсы придется брать с Луны

Курс на биоэкономику

Биоэкономика — новая реальность для России и всего мира, констатируют эксперты. Успех на этом направлении имеет стратегическое значение для обеспечения технологического суверенитета страны. Переход к новой модели требует глубоких исследований, инновационных разработок, подготовки квалифицированных кадров, и уже сегодня этим занимаются ведущие российские вузы. Одним из примеров такой работы стал РЭУ им. Г. В. Плеханова — здесь ввели сразу несколько образовательных программ по биоэкономике, создали современные лаборатории для проведения исследований и апробации технологических разработок в этой сфере. Подробнее о вкладе университета в развитие перспективного направления — в материале «Ъ-Науки».

В феврале этого года президент России Владимир Путин назвал биоэкономику «новой реальностью», к которой движется страна. По словам главы государства, снижение негативного воздействия на окружающую среду при сохранении индустриального и технологического прогресса — важнейшее условие для справедливого и сбалансированного глобального развития. «Неслучайно в центре особого внимания сейчас передовые решения в сфере генетики, био- и природоподобных технологий, а также создания материалов, которые воспроизводят процессы живых систем. В целом речь о формировании принципиально нового явления, новой реальности — биоэкономики»,— сказал глава государства.

Большое внимание властей к биоэкономике обусловлено её стратегической значимостью для сохранения технологического суверенитета и лидерства страны. Уже сегодня в РФ готовят национальный проект «Технологическое обеспечение биоэкономики». «[Национальный] Проект детально проработан и в ноябре будет внесен в президиум совета при президенте по стратегическому развитию»,— сообщил первый вице-премьер Денис Мантуров на международном форуме «Биопром». Национальный проект поможет организовать производство и стимулировать сбыт биотехнологической продукции, подготовить кадры для новой отрасли, а также обеспечит научно-технологическую поддержку развития биоэкономики. В рамках господдержки предусмотрены инвестиции в разработку технологий, создание межрегиональных центров опережающей подготовки кадров. Все это должно вывести Россию в мировые лидеры отрасли и обеспечить конкурентоспособность отечественных продуктов биоэкономики на мировом рынке.

Хотя нацпроект направлен на достижение технологического суверенитета, Россия в целом готова сотрудничать по направлениям биоэкономики и с другими странами — Бразилия, Индия и Китай, например, являются мировыми лидерами по уровню инновационной деятельности и объему инвестиций в сферу биоэкономики.

ПРЕСС-СЛУЖБА РЭУ ИМ. Г.В. ПЛЕХАНОВА

_Открытие R&D-центра пищевых биотехнологий в Плехановском университете

Вклад университетов

Переход к биоэкономике требует проведения глубоких исследований, разработки и внедрения инновационных технологий — уже сегодня ведущие российские вузы принимают активное участие в этой работе.

Большое внимание этой перспективной сфере уделяют в РЭУ им. Г. В. Плеханова. Специалисты университета стремятся объединить технологические компетенции и научно-технологическую инфраструктуру для создания биотехнологий с гуманитарным знанием для развития биоэкономики РФ. Университет давно занимается пищевой микробиологией и биохимией — эти заделы сохранены и теперь получают новое развитие.

В настоящее время Плехановский университет является участником программы стратегического технологического лидерства «Приоритет-2030» по направлению «биоэкономика». Университет проводит научные исследования и участвует в создании эффективной системы подготовки кадров, профессиональной переподготовки и повышения квалификации специалистов по различным направлениям такой комплексной надотраслевой системы, как биоэкономика, отмечает ректор Плехановского университета Иван Лобанов.

В университете реализуют два крупных стратегических проекта в сфере биоэкономики: «Биотехнологии пищевых систем» и «Биотехнологии для утилизации отходов». Они призваны обеспечить подготовку квалифицированных кадров и увеличить долю коммерциализуемых результатов исследований и разработок вуза в сфере биоэкономики.

Создать условия

Для подготовки специалистов в сфере биоэкономики нужны специализированные лаборатории и современное оборудование. При поддержке индустриальных партнеров в Плехановском университете постоянно совершенствуют условия, в которых трудятся научные сотрудники и студенты. Высшая инженерная школа «Новые материалы и технологии», например, имеет более 30 учебных и научных лабораторий, более 400 видов оборудования R&D, распределенную сеть исследовательских локаций индустриальных партнеров.

Летом 2025 года в университете открылись сразу две новые лаборатории по разработке биотехнологий. В июле начала свою работу лаборатория «Перспективные агро- и аквабиотехнологии», в создании которой участвовал индустриальный партнер — АНО «Биосферные технологии». Здесь разрабатывают алгоритмы машинного обучения и компьютерного зрения для использования в растениеводстве, изучают перспективы применения водорослей для очистки воды, ищут подходы для выращивания зеленных и ягодных культур с заданным нутриентным составом — источников витаминов и минеральных веществ.

В октябре 2025 года в Плехановском университете также был официально открыт исследовательский R&D-центр пищевых биотехнологий, включающий три опытно-промышленных лаборатории. По словам замглавы Минобрнауки России Андрея Омельчука, уникальность центра — в комплексном стратегическом подходе: там будут не только готовить специалистов, но и формировать междисциплинарную модель подготовки кадров для биоэкономики России. Здесь будут тестировать технологии производства сыров, хлебобулочных и кондитерских изделий, напитков брожения с использованием заквасочных микроорганизмов отечественного производства. Также, по словам ректора Плехановского университета Ивана Лобанова, позже на базе центра планируется создать библиотеку биологических штаммов и микробиологическую лабораторию. Эти разработки в будущем позволят производить продукты питания с высокой добавленной стоимостью и биологической ценностью, что обеспечит импортозамещение и продовольственную безопасность России.

Кадры будущего

Подготовка кадров в сфере биоэкономики — важный вызов, требующий совершенствования образовательных программ. РЭУ им. Г. В. Плеханова вводит биоэкономические дисциплины на всех уровнях образования. В 2025 году в Экономическом лицее Плехановского университета открыли первый в стране биоэкономический класс. В университете также стартовало обучение на новых программах бакалавриата и магистратуры. В планах вуза на ближайшие три года — открыть четыре новые образовательные программы основного образования и 14 программ ДПО, связанных с биоэкономикой.

Представители университета отмечают, что развитие новых программ обучения позволит обеспечить отрасль квалифицированными специалистами. По словам ученых Высшей инженерной школы «Новые материалы и технологии», задача вуза — создать образовательную среду на стыке биотехнологий, биоинформатики, экономики замкнутого цикла. Также они поясняют, что развитие биоэкономики в России должно привести к интеграции биотехнологий в различные отрасли народного хозяйства.

СЕРГЕЙ ПЕТРОВ

Не навреди: как в нашем организме работает генштаб обороны против патогенов

Нобелевская премия по физиологии и медицине 2025 года вручена за фундаментальные открытия, связанные с регуляторными Т-клетками (Treg).

Это работы Мэри Э. Брунковой, Фреда Рамсделла и Симону Сакагути, которые, двигаясь независимыми путями, в итоге нашли точку пересечения в гене FOXP3 и пролили свет на один из самых важных механизмов в нашем организме — периферическую иммунную толерантность. Ученые раскрыли, как сложно организованная система обороны, предназначенная для борьбы с патогенами, умудряется не обращать оружие против собственных тканей.

MIZUKI SAKAI / KYODO NEWS / AP
_Симон Сакагути

LINDSEY WASSON / AP
_Мэри Брункова

SONOMA BIOTHERAPEUTICS / AP
_Фред Рамсделл

Ответ на этот вопрос кроется в небольшой, но невероятно могущественной популяции лимфоцитов — Treg, которые выступают в роли внутренних миротворцев, постоянно усмиряя «натуральных киллеров» иммунной системы. По своей сути, регуляторные Т-клетки представляют собой специализированный подтип Т-лимфоцитов, который выполняет критическую функцию поддержания иммунного гомеостаза, они составляют от 2% до 5% популяции Т-лимфоцитов.

Их основная задача — сдерживать активность эффекторных Т-клеток, тех самых «солдат», которые атакуют инфекции и раковые клетки. Без этого сдерживающего начала иммунный ответ легко превращается в хаотичную и разрушительную силу, атакующую собственный организм, что и приводит к развитию аутоиммунных заболеваний, таких как волчанка, ревматоидный артрит или рассеянный склероз. Дисбаланс между агрессией и толерантностью лежит в основе не только аутоиммунитета, но и аллергических реакций, где иммунитет чрезмерно сильно реагирует на безобидные внешние агенты, а также определяет судьбу трансплантированных органов.

Ключевым регулятором судьбы и функции Treg является транскрипционный фактор FOXP3, своего рода «мастер-ген», включающий программу супрессора. Важность этого гена становится трагически очевидной при рассмотрении синдрома IPEX — тяжелого наследственного заболевания, вызванного мутациями в FOXP3, которое характеризуется тотальной иммунной дисрегуляцией и полиорганным аутоиммунным поражением. Treg не полагаются на единственный механизм подавления; их стратегия является многогранной и многоуровневой. Условно ее можно разделить на три взаимосвязанные фазы.

На первом этапе Treg действуют как физические барьеры. Они вступают в непосредственный контакт с антигенпрезентирующими клетками (АПК), формируя плотные иммунные синапсы. Это не только блокирует доступ эффекторных Т-клеток к их мишени, но и позволяет Treg с помощью молекулы CTLA-4 буквально «обкрадывать» АПК, удаляя с их поверхности ко-стимулирующие сигнальные молекулы, без которых активация эффекторов невозможна.

Во второй фазе Treg переходят к созданию супрессивного микроокружения. Они активно секретируют мощные противовоспалительные цитокины, которые подавляют активность окружающих иммунных клеток. Одновременно с этим Treg выступают в роли «цитокиновых ловушек». Благодаря экспрессии высокоаффинного рецептора интерлейкина-2 (IL-2) они с огромной эффективностью поглощают из среды этот критический фактор роста для эффекторных Т-клеток, обрекая тех на «голодную смерть».

Дополняет эту стратегию метаболический контроль: экспрессируя на своей поверхности специальные ферменты, Treg преобразуют внеклеточный аденозинтрифосфат (АТФ), который является сигналом опасности и воспаления, в иммуносупрессивный аденозин. Третья, возможно наиболее удивительная фаза, получила название «инфекционной толерантности». Здесь Treg демонстрируют способность не просто подавлять воспаление, а перепрограммировать иммунный ландшафт, индуцируя экспансию существующих регуляторных клонов и способствуя конверсии агрессивных эффекторных Т-клеток в новые Treg, тем самым закрепляя состояние долговременной толерантности.

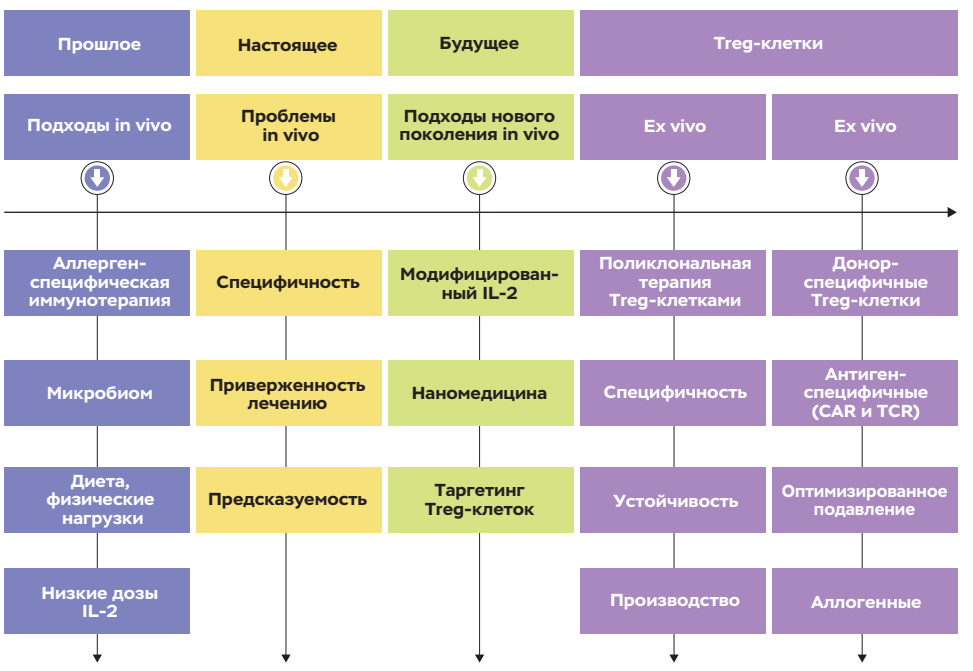
Это глубокое понимание биологии Treg открыло «золотую жилу» для терапевтических интервенций, которые стратегически делятся на два противоположных направления. Первое направление нацелено на усиление функции или численности Treg для борьбы с аутоиммунными заболеваниями, аллергиями и для предотвращения отторжения трансплантата. Второе стратегическое направление терапии, противоположное первому, нацелено на подавление Treg, но на этот раз в контексте онкологических заболеваний.

Таким образом, открытие и изучение регуляторных Т-клеток не просто расширило наши фундаментальные знания, но и открыло новую терапевтическую эру. Эволюция от относительно грубых методов вроде низких доз IL-2 к высокоточным технологиям наномедицины и генной инженерии клеток сулит создание принципиально новых, эффективных и безопасных лекарств.

Эти достижения не остаются лишь достоянием мировой науки. Как ярко демонстрирует пример российских ученых под руководством Сергея Лукьянова, фундаментальные открытия находят прямое и быстрое медицинское применение. Разработанный ими препарат для лечения болезни Бехтерева, первый в своем классе, основан на специфическом подавлении строго определенного типа Т-клеток, что позволяет снять аутоиммунную атаку на суставы, не подрывая общую защиту организма. Это доказывает, что регуляторные Т-клетки — это не просто абстрактное понятие из учебников, а живой и мощный инструмент, управление которым способно коренным образом изменить подход к лечению одних из самых тяжелых и распространенных заболеваний современности.

АЛЕКСЕЙ ДЕЙКИН, НИУ БелГУ

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕРАПИИ TREG -КЛЕТКАМИ



Атом на ладони

Нобелевскую премию по физике 2025 года присудили Джону Кларку, Мишелю Деворе и Джону Мартинису из США. Каждый лауреат получит треть премиальной суммы «за открытие макроскопического квантово-механического туннелирования и квантования энергии в электрической цепи».

NOAH BERGER / AP

_Джон Кларк

MARK J. TERRILL / AP

_Джон Мартинис

DAMIAN DOVARGANES / AP

_Мишель Деворе

Взлет со дна

Объясним, что такое туннелирование. Представьте себе котлован глубиной 50 метров. Вы стоите на дне и пытаетесь выбросить на поверхность кирпич. Здравый смысл говорит, что у вас не хватит на это сил.

Такой же ответ дает и классическая, то есть неквантовая, физика. Физики так и говорят: кирпич находится в потенциальной яме. Глубину этой ямы они измеряют не в метрах, а в джоулях — единицах энергии. Чтобы выбросить кирпич, ему нужно сообщить энергию, равную как минимум глубине потенциальной ямы.

Теперь возьмем вместо кирпича электрон. Влияние гравитации на него ничтожно из-за малой массы, но потенциальную яму можно создать, например, с помощью электрического притяжения. Будет ли электрон на дне потенциальной ямы вести себя как кирпич? Как ни удивительно, нет. Поведением элементарных частиц управляют квантовые законы. Они гласят, что даже при недостаточной энергии у электрона есть шансы покинуть яму. Дело в том, что в квантовой механике положение частицы не предопределено. Есть лишь вероятность обнаружить ее в той или иной точке пространства. Правда, и в квантовом мире ресурсы имеют значение. Вероятность выбраться из ямы очень быстро убывает с увеличением глубины ямы и уменьшением переданной электрону энергии. Но эта вероятность никогда не равна нулю. Эта странная особенность квантовых законов называется туннельным эффектом, а «побег» из потенциальной ямы — туннелированием.

Если туннельный эффект работает для электронов и атомных ядер, почему он не работает для кирпича, состоящего из этих самых электронов и атомных ядер? Вот самое простое объяснение. В кирпиче больше частиц, чем стаканов воды в Мировом океане. Вероятность того, что все эти частицы одновременно туннелируют из ямы глубиной 50 метров, отличается от нуля лишь формально. В реальности такого никогда не произойдет.

Однако нынешние лауреаты продемонстрировали этот эффект в электрической цепи, которую можно буквально потрогать руками. Ее ключевая часть, где расположен переход Джозефсона, имела размер около сантиметра. Причем туннелировали не отдельные электроны в цепи, а вся система в целом. Это весьма похоже на кирпич, взлетающий из котлована, хотя и не так зрелищно.

Непротивление материала

В 1962 году физик Брайан Джозефсон теоретически предсказал интересный эффект. Разделим два слоя сверхпроводника тончайшей — несколько атомов — прослойкой изолятора. Пустим по цепи небольшой постоянный ток в отсутствие напряжения. Ток будет просачиваться сквозь слой изолятора и циркулировать по цепи. Теперь этот эффект носит имя Джозефсона, а слой изолятора называется переходом Джозефсона.

За свое открытие Джозефсон получил Нобелевскую премию 1973 года, и не зря. С его эффектом связано столько важных явлений, что вокруг него образовалась новая ветвь физики сверхпроводников, неформально именуемая джозефсоникой. В числе этих явлений и макроскопическое квантовое туннелирование, открытое нынешними лауреатами.

К счастью, суть происходящего можно объяснить с помощью наглядной аналогии. Представим себе яму, на дне которой лежит шарик. Шарик символизирует сверхпроводящую цепь с переходом Джозефсона, а яма — отсутствие напряжения. Это та самая потенциальная яма, с которой мы уже знакомили читателя. Если шарик покинет яму, в цепи возникнет напряжение. Глубина ямы зависит от силы тока в цепи. Чем больше ток, тем мельче яма. При определенной пороговой силе тока яма совсем сглаживается.

Всегда есть вероятность, что шарик туннелирует из ямы, и в цепи возникнет напряжение. Еще раз подчеркнем, что шарик символизирует всю цепь, то есть туннелирует система как целое, а не отдельные электроны. Можно теоретически рассчитать вероятность туннелирования при той или иной силе тока, то есть глубине ямы. Казалось бы, дальше все просто. Нужно очень много раз включать в цепи ток разной силы и фиксировать, сколько раз и при какой силе тока возникло напряжение. Если результаты сойдутся с предсказанными вероятностями, то вот мы и обнаружили макроскопическое туннелирование.

Холодный душ

В реальности все намного сложнее. Дело в том, что шарик может покинуть яму и без туннельного эффекта. Он все время катается, то поднимаясь по склону ямы, то скатываясь на самое дно. Чем выше температура цепи, тем больше амплитуда таких колебаний. Подавляющее большинство «побегов» шарика, то есть возникновений напряжения в цепи, связано именно с температурой, а вовсе не с туннелированием. Туннельный эффект просто тонет в этом шуме.

Однако выход есть. На вероятность «побега» влияет два фактора: температура и туннельный эффект. Даже когда образец уже достаточно холодный для сверхпроводимости, определяющий вклад в число «побегов» все еще вносит температура. Но если продолжать охлаждение, количество «тепловых побегов» тоже будет снижаться. В какой-то момент практически все «побеги» будут связаны уже не с температурой, а с туннельным эффектом.

Работа лауреатов — настоящий шедевр экспериментального искусства. Установка была тщательно изолирована от посторонних источников тепла. Температура измерялась с точностью лучше сотых долей градуса. Все параметры установки измерялись независимо друг от друга. Нобелевская премия — это не только признание важности открытия, но и дань уважения искусству экспериментаторов.

Лауреаты проверили еще одно чисто квантовое свойство сверхпроводящей цепи с переходом Джозефсона — квантование энергии. Она поглощает и отдает энергию строго определенными дозами — квантами. Так ведут себя атомы, атомные ядра и другие квантовые системы.

Зыбкая граница

В заключение расскажем о том, чем важна работа лауреатов.

Квантовая физика стоит за многими привычными вещами. Например, за магнитным полем постоянного магнита, распространением света сквозь стекло или протеканием тока в самом обычном — даже не сверхпроводящем — проводе. Хотя законы электричества, магнетизма и оптики были известны задолго до квантовой механики, без нее невозможно объяснить, откуда эти законы берутся, почему они такие, какие есть.

Следующий уровень — использование квантовых законов для создания устройств, которые было бы невозможно изобрести, зная только классическую физику. В XX веке это были атомные реакторы, лазеры, а также транзисторы — основа компьютерной техники. В XXI веке на очереди квантовые компьютеры. Наконец, работа авторов проливает новый свет на фундаментальный вопрос, где пролегает граница между квантовыми и классическими явлениями. Ученые до сих спорят, как и почему квантовые явления сходят на нет, когда мы переходим от масштаба атомов к масштабу кирпичей. По-видимому, на этот вопрос нет простого ответа. Открытие макроскопических квантовых эффектов — важный шаг к правильному ответу, каким бы сложным и неожиданным тот ни оказался.

АНАТОЛИЙ ГЛЯНЦЕВ,
кандидат физико-математических наук

Прометеи инноваций

Несмотря на бурное развитие экономической науки, одним из наиболее волнующих умы экономистов вопросов остается извечная проблема поиска источников экономического роста и способов поддержания экономической динамики. И никак нельзя сказать, что Нобелевский комитет скупится на награды исследователям, пытающимся выдвинуть свою версию разгадки этой тайны.

Прошлогодние нобелевские лауреаты — Дарон Аджемоглу, Саймон Джонсон и Джеймс Робинсон — получили заслуженную награду за изучение влияния институтов на благосостояние.

Нобелевское трио этого года — американец Джоэль Мокир, француз Филипп Агьон и канадец Питер Хоуитт — в отличие от прошлогодних коллег трудно было назвать безусловными лидерами нобелевской гонки, но это, разумеется, нисколько не преуменьшает их вклад в мировую экономическую науку.

Здесь в очередной раз можно приятно удивиться тому, насколько Нобелевский комитет хорошо чувствует запросы времени. В эпоху, когда одной из самых активно обсуждаемых тем в СМИ и соцсетях стала дискуссия о вызовах и перспективах, которые несет человечеству искусственный интеллект, премия присуждается ученым, пытающимся пролить свет на то, как инновации запускают экономический рост и что позволяет ему сохраняться, а не затухать.

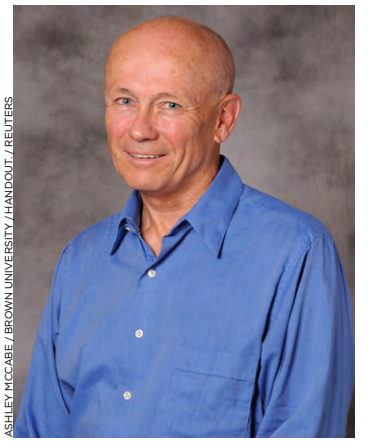
Тема едва ли может считаться по-настоящему прорывной, ей посвящены целые библиотеки работ. Заслугой Мокира, Агьона и Хоуитта стало удивительное по своей целостности описание процесса влияния инноваций на социально-экономическое развитие.

Во-первых, Мокиру на огромном историческом материале удалось раскрыть взаимосвязь экономического роста и культурных и технологических факторов. Бытует представление, будто в основе технологических прорывов лежат открытия гениальных инноваторов-одиночек, но Мокир убедительно продемонстрировал, что технологический прогресс создается коллективами ученых и изобретателей, объединенных платформами в виде университетов, научных обществ, снижающих трансакционные издержки при распространении идей. Процесс экономического роста, доказывает Мокир, и зависит от способности общества накапливать и стимулировать создание новых знаний.

Иными словами, Мокир опровергает многочисленные теории, связывающие генезис современного экономического роста с благоприятными природно-географическими факторами или во многом случайными событиями, такими как колониальные открытия или эпидемии. Исследования Мокира говорят нам, что именно (не) формальные институты становятся первичными источниками экономического роста.

NAMY HUH / AP

_Джоэль Мокир


ASHLEY MCCABE / BROWN UNIVERSITY / HANDOUT / REUTERS

_Питер Хоуитт

THIBAULT CAMUS / AP

_Филипп Агьон

Можно, конечно, задаться вопросом: а прошлогодние нобелиаты не говорили ли о том же? Ответом будет **во-вторых:** большой заслугой Мокира стал скрупулезный анализ того, как запуск экономического роста зависит от сложного сочетания культурных и институциональных факторов, тогда как многие другие специалисты невольно попадают в ловушку (разной степени глубины) культурного или институционального детерминизма. В частности, профессор Мокир обратил внимание, что колыбелью современного экономического роста Старый Свет стал во многом благодаря нескольким важным изменениям во взглядах его жителей на окружающий мир. Они перестали бояться ставить под сомнение авторитеты прошлого, оказались готовы перенимать достижения других народов и перестали подвергать гонениям нонконформистов — носителей нового.

Впрочем, одних лишь изменений в социальной среде было явно недостаточно, чтобы запустить устойчивое вращение маховика экономического роста. Крайне важной оказалась «поддержка» культурных сдвигов со стороны формальных институтов, формирующих архитектуру стимулов и санкций для новаторов и задающих стоимость доступа к знаниям. «Культура определяет предпочтения и приоритеты... Институты задают структуру стимулов и наказаний»,— учит нас нобелевский лауреат.

Теперь об усилиях Агьона и Хоуитта.

В-третьих, им удалось — хочется верить, навсегда — развенчать мифы о якобы сохраняющейся технофобии современных экономистов. Далеко не секрет, что критики состояния дел в экономической науке любят обвинять исследователей в области экономики в неверном понимании природы инноваций. Якобы экономисты воспринимают их в виде манны, падающей с небес. Однако достаточно открыть работы сегодняшних нобелевских лауреатов, чтобы убедиться в обратном. Агьон и Хоуитт на протяжении нескольких десятилетий говорят, что технологический прогресс — результат целенаправленных действий экономических агентов, создающих новые технологии, которые вытесняют с рынков устаревшие изобретения. Эта идея не нова, ее обычно связывают с концепцией «созидательного разрушения» Йозефа Шумпетера. Историки экономической науки хорошо знают, что впервые этот термин появился у Вернера Зомбарта, а тот, в свою очередь, по-видимому, черпал вдохновение в творчестве Ницше.

Как бы то ни было, но до Агьона и Хоуитта «созидательное разрушение» фактически не попадало в орбиту интересов мейнстримных экономистов из-за своего неформализованного характера. Переложение шумпетерианской концепции на язык «царицы наук» позволило экономистам создать математически строгую теорию, показывающую, что в основе современного экономического роста лежит бесконечный процесс борьбы нового со старым.

Наконец, Агьон и Хоуитт весьма убедительно показали, что конкуренция — обоюдоострый меч. Если ее слишком много, то потенциальные инноваторы не видят смысла рисковать. Если слишком мало — балом начинают править монополисты. Поэтому крайне важно искать золотую середину.

В-четвертых, Нобелевская премия 2025 года может восприниматься сигналом миру о необходимости сохранения той самой культуры роста, о которой так много писал Мокир. Этот посыл очень трудно переоценить, вспомнив о том, какие нарративы продвигают множащиеся сейчас сторонники идей дероста и радикального энвайронментализма или алармисты, рисующие устрашающие картины недалекого будущего, в котором техногиганты совсем скоро задушат нонконформистов и заморозят приводящий в движение механизм экономического роста процесс созидательного разрушения. Тем временем нобелиаты пишут о том, что без роста экономики мы не сможем решать социальные задачи и помогать людям.

Нобелиаты этого года настойчиво напоминают: долгосрочный рост чрезвычайно хрупок, застой, а не динамика был спутником человечества большую часть его истории. Вырваться из стагнационной ловушки ему помогли культура и институты, поощрявшие и защищавшие нестандартно мыслящих людей и вознаграждавшие их старания. Важно во что бы то ни стало лелеять эту среду.

Образно говоря, экономический историк Мокир объяснил, как Прометей помог людям «разжечь» экономический рост, научив их поддерживать «пламя» инноваций, а Агьон с Хоуиттом поведали, что инновации — не подарок судьбы, а плод непростой работы общества по созданию системы институтов, которые позволяют «приручить» и поддерживать «огонь» нововведений. Хочется верить, что человечество прислушается к советам новоявленных нобелиатов и не допустит окончательного заката культуры роста.

АЛЕКСАНДР МАЛЬЦЕВ, доктор экономических наук, заведующий кафедрой политической экономии экономического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова

Вода из пустыни и термометр для клетки

Нобелевская премия по химии 2025 года вручена химикам, которые придумали, как сделать прочные каркасы из металлов и органических молекул.

Как сообщил в среду Нобелевский комитет, премию разделили Сусуму Китагава (Киотский университет, Киото, Япония), Ричард Робсон (Мельбурнский университет, Мельбурн, Австралия) и Омар Р. Яги (Калифорнийский университет в Беркли, Калифорния, США). Официальная формулировка, изложенная представителями комитета,— «За разработку металлорганических каркасов». Как обычно, размер Нобелевской премии составил 10 млн шведских крон.

Лауреаты Нобелевской премии по химии 2025 года создали молекулярные конструкции с большими пространствами, через которые могут проходить газы и другие химические вещества. В них роль узлов играют ионы металлов (или неорганические молекулы, а иногда — комплексные соединения), к которым крепятся концы углеродных цепочек, образуя ребра пространственных фигур. Такие конструкции, названные металлоорганическими каркасами (в англоязычном варианте MOF — metal-organic frameworks), могут использоваться для сбора воды из воздуха пустынь, улавливать углекислый газ, хранить в себе токсичные газы или за счет развитой поверхности катализировать химические реакции. Как отметил председатель Нобелевского комитета по химии Хайнер Линке: «Металлоорганические каркасы обладают огромным потенциалом, открывая ранее невиданные возможности для создания индивидуальных материалов с новыми функциями».

Как говорится в релизе Нобелевского комитета, в 1989 году Ричард Робсон впервые соединил положительно заряженные ионы меди с четырехлучевой органической молекулой, которая имела на конце каждого из лучей группу, которая притягивалась к иону меди. Соединившись, они образовали упорядоченный объемный кристалл с кучей пустот.

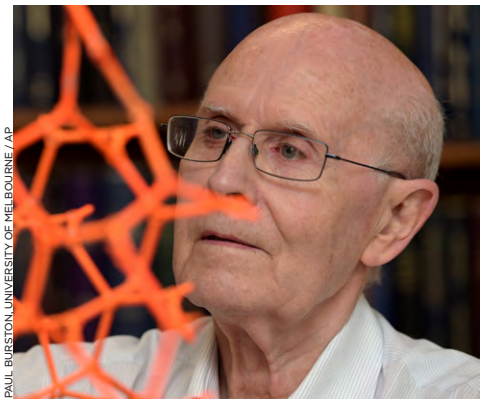
Робсон сразу осознал потенциал своей молекулярной конструкции, но она оказалась нестабильной и легко разрушалась. Зато Сусуму Китагава и Омар Яги независимо друг от друга совершили ряд революционных открытий, которые помогли распространению металлорганических каркасов. Китагава показал, что газы могут втекать в такие конструкции и вытекать из них. А также предсказал, что металлоорганические каркасы можно сделать гибкими. А Яги создал очень устойчивый каркас и показал, что его можно модифицировать, придавая ему новые и желаемые свойства.

HARRY NAKOS / AP

_Омар Яги

MANDATORY CREDIT KYODO / REUTERS

_Сусуму Китагава



PAUL BURSTON, UNIVERSITY OF MELBOURNE / AP

_Ричард Робсон

Рассказывает в. н. с. кафедры неорганической химии химического факультета МГУ, д. х. н., профессор Валентина Уточникова: «Среди ключевых преимуществ металлорганических каркасов — высокая стабильность, в том числе термическая, высокая пористость, гибкость (в ряде случаев каркас может „дышать“ при адсорбции), селективность в поглощении, каталитическая активность, устойчивость к деформациям, а также возможность дизайнерской настройки функциональных групп, чтобы оптимизировать материал для конкретного применения».

«В результате применения MOF действительно широки и порой весьма удивительны,— продолжает профессор Уточникова.— Уже коммерчески реализованы MOF-адсорбенты для улавливания углекислого газа, очистки газовых выбросов, удаления вредных примесей из воды, разделения газовых смесей. MOF-материалы используются и в аккумуляторах и суперконденсаторах как каталитические носители, а также для извлечения влаги из воздуха (в том числе из очень сухого воздуха) и хранения водорода. Уникально то, что один небольшой образец MOF может иметь общую внутреннюю поверхность, сопоставимую с площадью футбольного поля. Образно ее даже называют „магическая сумка“. В некоторых экспериментальных системах MOF уже используются как сенсоры (газоанализ, биосенсоры), носители лекарств, платформы для катализатора с высокой специфичностью. Многие из этих систем мы увидим в действии уже очень скоро».

По словам ученого, Россия сегодня — один из мировых лидеров в области MOF-химии: «Многие из важнейших работ, на которых, по сути, и стоит нынешняя Нобелевская премия, были сделаны именно в нашей стране. В Институте неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН разрабатывают новые пористые структуры на основе переходных металлов, устойчивые к влаге и высоким температурам. Редкое достижение для этого класса соединений. В Институте катализа им. Г. К. Борескова активно создают MOF-катализаторы для глубокой переработки углеводородов и превращения CO_2 в метанол. В Институте общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова исследуют магнитные и сорбционные свойства гибридных лантанидных MOF, а в лаборатории физикохимии наноматериалов ФИЦ „Кристаллография и фотоника“ РАН разрабатывают фоточувствительные MOF, способные менять структуру под действием света,— подход, открывающий дорогу к оптическим запоминающим устройствам и управляемым сенсорам.

В МГУ им. М. В. Ломоносова исследования в области MOF ведутся на нескольких факультетах и кафедрах, охватывающих как фундаментальные, так и прикладные аспекты, рассказывает профессор: «Например, на кафедре химической кинетики разрабатываются MOF-катализаторы для мягкого окисления и селективных превращений углеводородов. На кафедре высокомолекулярных соединений исследуют композиты на основе MOF и полимерных матриц, позволяющие сочетать прочность и функциональность. На кафедре органической химии ведутся работы по синтезу новых лигандов и функционализации каркасов для повышения чувствительности сенсоров. Однако наиболее широко работы в области MOF представлены на кафедре неорганической химии. Под руководством заведующего кафедрой профессора А. В. Шевелькова разрабатываются сложные кластерные и супрамолекулярные системы, близкие по архитектуре к металлоорганическим каркасам. Работы в области материалов с контролируемой пористостью и пустотными структурами, где особое внимание уделяется взаимосвязи состава, строения и свойств, формируют фундамент, на котором развиваются отечественные исследования по направлению MOF-химии. В моей группе на той же кафедре изучают люминесцентные MOF на основе редкоземельных элементов. Это позволило, в частности, создать прототип первого люминесцентного термометра.

Нобелевские премии по химии периодически вызывают множество противоречивых комментариев. Например, премию 2020 года за открытие «генетических ножниц» — метода геномного редактирования — многие посчитали слишком «биологической». А премию 2024 года, выданную «за предсказание сложной структуры белков», называли программистской, потому что ее получили разработчики программы AlphaFold2, с помощью которой смогли предсказать структуру практически всех 200 млн белков, которые идентифицировали исследователи. Впрочем, к премии 2023 года, выданной *«за открытие и синтез квантовых точек», или к награде 2021 года, врученной «за* развитие ассиметричного органокатализа», у химического сообщества вопросов нет. Впрочем, «химичность» премии — не единственный критерий ее оценки со стороны научного сообщества. Например, премия 2022 года, выданная «за разработку клик-химии и биоортогональной химии» Каролин Рут Бертоцци и и Барри Шарплессу, вызвала удивление даже у самого Барри Шарплесса. Тем более что он сам в нескольких интервью называл первооткрывателем клик-химии своего ученика Валерия Фокина из Нижнего Новгорода.

СЕРГЕЙ ИВАШКО,
кандидат химических наук

Непростой выбор

Лауреаты Научной премии Сбера 2025 года будут объявлены в декабре уже в четвертый раз. За эти годы премия не только завоевала популярность среди российских ученых, но и обрела статус престижной. Секрет успеха — взвешенный отбор лауреатов и строгая система номинирования. При этом сама Научная премия Сбера стала не только инструментом по популяризации науки в обществе, но и своего рода инструментом по выявлению и формированию наиболее актуальных исследовательских приоритетов. Среди ключевых трендов — широкое внедрение технологий искусственного интеллекта в научную практику. О грядущем научном сезоне и влиянии ИИ на исследовательский ландшафт „Ъ-Науке“ рассказали представители комитета премии.

«Наука в нашей стране все еще недооценена»

ПРЕДОСТАВЛЕНО ПРЕСС-СЛУЖБОЙ СБЕРБАНКА

Ольга Донцова, академик РАН, глава ученого совета Научной премии Сбера в номинации «Науки о жизни», заведующая кафедрой химии природных соединений химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова:

— В направлении «Науки о жизни» перед нами стоит непростой выбор: мы видим множество достойных ученых как среди представителей старой школы, которые по-прежнему активны в науке, так и среди молодых исследователей. Считаю крайне важным, что поддержка выдающихся ученых в рамках Научной премии Сбера показывает молодым специалистам ориентир для профессионального роста.

На мой взгляд, наука в нашей стране все еще недооценена и большую роль в ее популяризации играют различные премии, особенно такие, которые показывают: есть и другие возможности помимо государственных фондов. В этом заключается принципиальная ценность, поскольку это дает исследователям четкое понимание: частные компании уверены, что наука необходима для развития страны. Ведь молодому ученому крайне важно чувство стабильности — понимание, что у него будут финансовые возможности и для продолжения собственных исследований, и для личного развития.

Сегодня работу исследователей значительно облегчают биоинформатические подходы, большой вклад вносит развитие искусственного интеллекта — для нас это новый и важный инструмент. Это часть исторического процесса: сначала появился микроскоп — мы увидели клетки, затем появился криоэлектронный микроскоп — и мы открыли мир молекул. Теперь же возник искусственный интеллект — и у нас есть возможность анализировать огромные массивы данных, что раньше было практически невозможно. Важно понимать: искусственный интеллект сам по себе не способен на полноценную генерацию научных идей. Это лишь инструмент, который может анализировать данные, а вот предложить что-то принципиально новое, то, что до него никто не делал,— в этом я очень сомневаюсь. Для этого все-таки необходим человеческий разум. Человек в любом случае останется в центре научного процесса. ИИ облегчит работу, возможно, возьмет на себя некоторые рутинные задачи, не требующие особого творчества. А там, где необходимо креативное мышление, человек незаменим.

Будущее — за междисциплинарными открытиями и эффективными коллаборациями научных коллективов. Сейчас без этого просто невозможно получать современные результаты. Можно, конечно, заниматься узкими задачами, но добиться чего-то по-настоящему масштабного в одиночку невозможно.

«Наш выбор лауреатов не вызвал отторжения у консервативной научной среды»

ПРЕДОСТАВЛЕНО ПРЕСС-СЛУЖБОЙ СБЕРБАНКА

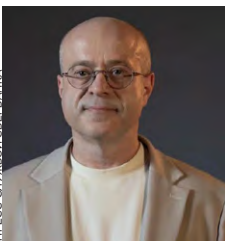
Александр Кулешов, академик РАН, сопредседатель комитета Научной премии Сбера, ректор Сколтеха:

— Академическая среда у нас очень консервативна, поэтому новые научные награды не очень быстро внедряются в сознание и становятся популярными. Это нормально, так и должно быть. И на этом фоне особенно приятно, что Научная премия Сбера сегодня так популярна и престижна. Большую роль в этом успехе сыграло то, что первые три результата — наш выбор лауреатов в 2022, 2023 и 2024 годах — не вызвали в научной среде ни малейшего отторжения: любой член научного сообщества может признать (с удовольствием или без), что все наши лауреаты, безусловно, выдающиеся люди, и это обнадеживает.

Научные премии в целом — вещь абсолютно необходимая. И важнее не то, государственная премия или негосударственная, а какой размер у ее денежной части. В какой-то степени это определяет престиж. Полагаю, размер Научной премии Сбера — еще один фактор ее успеха.

Заявки у нас традиционно очень разнообразны. В этом году их было почти три сотни. Прежде всего это ИИ: он интересен не только Сберу, но и стране в целом, массе людей, работающих в этой области. Сегодня эта технология не просто широко используется, а во многих случаях служит основой для получения новых результатов. Например, можно разработать новый материал не экспериментальным путем, а перебором различных комбинаций: используя алгоритмы ИИ, сегодня можно получить нужную тебе структуру. ИИ незаменим в биологии, химии, экспериментальной физике. Может быть, в перспективе он будет применяться даже в математике: олимпиадные задачи, например по планиметрии, ИИ сегодня решает лучше любого человека.

«Важная задача современной науки — работать вместе с ИИ»



ПРЕДОСТАВЛЕНО ПРЕСС-СЛУЖБОЙ СБЕРБАНКА

Альберт Ефимов, секретарь комитета Научной премии Сбера, вице-президент, директор управления исследований и инноваций Сбербанка:

— Технологическое лидерство — это будущее России, и оно невозможно без научных прорывов. Выделяя лауреатов, их работы, мы совместно с научным сообществом определяем наиболее перспективные исследовательские направления, очерчивающие новые горизонты. Научная премия Сбера — это наша признательность ученым за их вклад, за их целеустремленность к совершению открытий, полезных для всего человечества. Не менее важно то, что с помощью Научной премии Сбера мы формируем ориентиры для научного сообщества, особенно для молодых исследователей. Они стремятся работать с лауреатами, участвовать в их экспериментах и совместных проектах. Таким образом, вся научная среда в конкретных областях получает четкие векторы развития. Наконец, Научная премия Сбера — пример того, как можно поддерживать науку в целом и фундаментальные исследования в частности. Мы постоянно объясняем бизнес-сообществу: без фундаментальных исследований прикладная наука не сможет долго быть конкурентоспособной. Но в отличие от прикладных разработок, в фундаментальных исследованиях невозможно заранее определить, какое именно направление окажется полезным. Мы просто не знаем этого. Еще Гераклит говорил: если ты не ждешь неожиданного, ты не заметишь его, ибо оно не изучено и не оставляет следов.

Хорошо виден растущий интерес к Научной премии. Индикатором его стал трехкратный рост числа заявок. Для нас это самый важный показатель. Мы видим, что все больше исследователей участвуют в выдвижении своих коллег, а работы поступили со всей страны. Анализ заявок показывает, что российская наука во многом следует общемировым тенденциям. В номинации «Физический мир» наблюдается растущий интерес к новым материалам и инновационным способам производства уже известных. В номинации «Наука о жизни» фокус сохраняется на изучении различных процессов в живых организмах, стремлении применить полученные знания в медицине. Работы, улучшающие качество жизни человека, остаются приоритетом как для российских, так и для мировых ученых.

Интересная картина складывается в номинации «Цифровая вселенная». Исследователи старой школы по-прежнему занимаются фундаментальными вопросами в области математики и ее приложениями к вычислениям, физике и так далее. Совсем немногие переориентировались на возникшие в последние 10–15 лет новые направления. Молодое поколение ученых проявляет больший интерес к развитию в области искусственного интеллекта. Впрочем, фундаментальные проблемы также для них остаются актуальными.

Важная задача современной науки — работать вместе с ИИ, при этом можно быть уверенными, что человек останется в центре научного процесса. Блестящие, прорывные идеи рождаются из гениальной интуиции исследователей и, к счастью, пока не могут возникнуть в недрах ЦОДа, хоть множество помощников ученых и будут размещаться именно там.

НАТАЛИЯ ЛЕСКОВА,
ИЛЬЯ АРЗУМАНОВ

«Нам нужны свои материалы для аккумуляторов»

Евгений Антипов, академик РАН, заведующий кафедрой электрохимии химического факультета МГУ, профессор Сколковского института науки и технологий (Сколтех), лауреат Научной премии Сбера 2024 года.

— Евгений Викторович, что для вас значит Научная премия Сбера?

— Я был счастлив, когда получил премию. Для меня важно, что коллеги оценили мою работу, я им очень благодарен. Наверное, это говорит о том, что те научные направления, которые мы развиваем, важны и интересны для общества.

— Над чем вы сейчас работаете?

— Это материалы для металл-ионных аккумуляторов — по сути, электрохимических источников энергии. Цель состоит не просто в получении определенного количества научных публикаций, а в том, чтобы результаты научных исследований находили воплощение. Именно этому я сейчас уделяю основное внимание.

— В прошлом году вы говорили, что новые типы металл-ионных аккумуляторов, которые вы создаете, это потенциально перспективный продукт для рынка. Насколько сейчас продвинулся процесс по внедрению аккумуляторов в реальное производство?

— Самих аккумуляторов, к сожалению, нет. Однако катодные материалы для литий-ионных аккумуляторов представляют конкретный интерес: есть заказчики. Необходимо существенно расширять объемы производства этих материалов. Скажу откровенно: очень многие хотят просто закупать китайские материалы, но это тупиковый путь. В противном случае мы снова окажемся технологически неразвитой страной. В нашей стране строятся три гигафабрики, для которых потребуются десятки тысяч тонн материалов — как катодных, так и анодных. Пока объемы нашего производства невелики — до 10 тонн в год, но это только стартап. Очень хотелось бы, чтобы эти разработки масштабировались и выходили на уровень реального производства.

Если говорить о натрий-ионных аккумуляторах, у нас много перспективных разработок — и по типам материалов, и по сборке ячеек. Отрадно, что некоторые из них начинают воплощаться в жизнь. Не так давно профессор Сколтеха Стас Федотов выиграл крупный грант РНФ. В рамках этого проекта, думаю, те разработки, которые велись и ведутся, начнут реализовываться в реальных натрий-ионных аккумуляторах. Это сильная команда, поэтому я надеюсь, что научный задел будет реализован на практике.

ПРЕДОСТАВЛЕНО ПРЕСС-СЛУЖБОЙ СБЕРБАНКА

— Периодически появляются сообщения, что наши молодые ученые разработали новый материал для аккумуляторных батарей. Но как вы думаете, достаточен ли вклад российских ученых в сферу аккумуляторов будущего или это все остается на уровне лабораторных разработок?

— По количеству и качеству научных публикаций мы находимся во втором десятке стран. И вот что здесь важно. Когда занимаешься проблемой аккумуляторов, в том числе разработкой новых материалов для них, критически важно довести исследование до работающего устройства. У нас нет серьезной координирующей научной программы, подобной, например, французской, где консорциум университетов, научных институтов, компаний и прикладных центров доводит отдельные разработки до функционирующих прототипов. Я знаком с работами наших коллег из МГУ, с исследованиями сахалинских ученых — они интересные. Но принципиально важно, чтобы все это объединялось единой программой, в рамках которой эти материалы использовались бы при сборке реальных аккумуляторов.

Беда в том, что в науке появилось слишком много «рекламности», пиара: вот, мы установили такой-то рекорд. В случае анодных материалов для натрий-ионных аккумуляторов важна не просто высокая емкость, а высокая кулоновская эффективность первого цикла. А это связано в том числе с выбором состава электролита. Здесь уже требуются другие компетенции, а значит, междисциплинарные исследования должны объединять специалистов разного профиля. Недостаточно просто создать материал с хорошей емкостью — он должен работать в конкретном устройстве.

— В чем наша сильная сторона, какие вы видите перспективы российской науки в этом направлении?

— У нас очень хороший интеллектуальный потенциал. Меня радует, что появляются талантливые молодые люди с интересными идеями, которые способны ставить нетривиальные задачи и находить оригинальные пути их решения. Это важное преимущество.

Второй момент. Сужу по своему университету: к нам постоянно приходит талантливая молодежь, и это не может не радовать. Но важно, чтобы этот энтузиазм впоследствии не иссякал. Вчера я читал лекцию школьникам — у них горят глаза, они задают вопросы. Необходимо, чтобы это сохранялось. Знания в университетах мы дадим, но нужна поддержка на государственном уровне.

— Вы совершили ряд достижений в довольно далеких друг от друга сферах: высокотемпературная сверхпроводимость, решения для промышленности, аккумуляторы. Есть ли еще какие-то идеи, направления, в которых вы бы мечтали принять участие?

— Конечно, первая любовь — это высокотемпературная сверхпроводимость. До сих пор семейство сверхпроводников, которые мы открыли, остается рекордсменом при нормальном давлении. Но при нормальном давлении это 138 К, а хочется создать материал с температурой перехода 160–180 К. Естественно, мечта — достичь комнатной температуры. Я приостановил эти работы в 2000-х: не было финансирования. Это требует значительных ресурсов.

Высокотемпературная сверхпроводимость не имеет столь очевидных коммерческих перспектив, когда через год продукт приносит прибыль. Многие наши компании рассуждают именно так: им нужны исследования, которые дадут отдачу практически моментально. Я не осуждаю, я их понимаю, но в высокотемпературной сверхпроводимости быстрого результата не будет, так же как и с аккумуляторами. Поставить конкретную прикладную задачу можно, разработать технологию получения материала тоже можно. Но создать новое соединение с очень высокой критической температурой перехода — задача на порядок сложнее. Однако я уверен, что это будет сделано. Тем более что есть обнадеживающие экспериментальные работы по сверхпроводимости гидридов при высоких давлениях.

Вторая мечта — более приземленная: современные литий-ионные аккумуляторы имеют удельную энергоемкость 280–300 Вт ч/кг, и хочется совершить принципиальный шаг — перейти на 500–600 Вт ч/кг. Это направление видится перспективным, и нужно последовательно продвигаться вперед.

— Как вы считаете, нужны ли негосударственные научные премии или науку должно полностью содержать государство?

— Безусловно, негосударственные премии очень важны. Они нужны для общества — привлекают внимание к значимости науки, служат ориентиром для молодежи. А молодежь — это наиболее ценный ресурс нашей страны. Главная задача таких премий — популяризация науки и привлечение в нее талантов.

Сбер в этом смысле вообще новатор: создает научные институты, инвестирует в них, в IT, в искусственный интеллект. Поэтому я считаю это крайне важной инициативой, и было бы замечательно, если бы таких инициатив появлялось больше. Чем больше премий — региональных, общероссийских, в различных областях науки, — тем лучше.

Беседовала НАТАЛИЯ ЛЕСКОВА

«Врачи должны говорить с учеными на одном языке»

Сергей Лукьянов, академик РАН, ректор РНИМУ им. Н. И. Пирогова, лауреат Научной премии Сбера 2024 года.

— Как развивалась ваша научная работа после получения Научной премии Сбера?

— Премия Сбербанка была очень серьезным событием в жизни нашего коллектива, в моей жизни. Огромное спасибо Сберу и жюри за такую высокую оценку. С тех пор мы продолжаем творчески трудиться, и у нас, как и всегда, много амбициозных планов.

— Вы успешно испробовали собственный препарат на себе. Это восхитило многих и доказало верность созданного вами нового подхода к лечению аутоиммунных заболеваний. Испытывали ли вы страх или волнение? Какие чувства в такие моменты испытывает создатель?

— Этот препарат, «Трибувиа», созданный российской компанией «Биокад» при постоянной поддержке со стороны Минздрава России сейчас продолжает проходить клинические испытания. Параллельно в 2024 году он введен в гражданский оборот. Это значит, что больные болезнью Бехтерева уже сегодня имеют возможность лечиться, пока, к сожалению, не в широком масштабе, поскольку применение нового препарата ограничено строгими рамками диагноза участников клинических испытаний. Кроме того, он не включен в список жизненно необходимых препаратов.

Я действительно первым применил препарат на себе (я болен болезнью Бехтерева почти всю взрослую жизнь, с 20 лет). Возникла ситуация, когда невозможно было с точностью сказать, что представляют собой клоны патогенных лимфоцитов, которые мы выявили в результате многолетних исследований. Являются они следствием болезни или их причиной? Мы видели однозначную ассоциацию наличия таких клонов с болезнью, но доказать, что именно их появление стало причиной заболевания, можно было только опытным путем, уничтожив их на практике. И мне казалось естественным, что первая проба абсолютно нового подхода к лечению должна проводиться автором, чтобы затем уверенно предложить препарат для клинических испытаний. Конечно, я пережил очень яркие эмоции, запредельное волнение, поскольку за созданием препарата стоял огромный труд большого количества специалистов: ученых, врачей, технологов из различных организаций. Люди работали много лет, и поэтому неуспех был бы серьезным ударом для коллективов. Неудивительно, что волновались и я, и все, кто участвовал в разработке.

ПРЕДОСТАВЛЕНО ПРЕСС-СЛУЖБОЙ СБЕРБАНКА

— Как для вас все прошло, были какие-то побочные эффекты?

— Все было достаточно стандартно. Этот препарат при первом введении вызывает некоторые инфузионные реакции: у меня поднималось давление, кружилась голова, но все было достаточно штатно. Скорее были сильные переживания по поводу эффективности работы. К тому же он не быстро срабатывает, эффект проявляется спустя какое-то время, месяц-два, даже до трех. И это ожидание было сложным. Но препарат оказался лично для меня очень мощным, я уже седьмой год его использую и нахожусь в полной ремиссии, прекрасно себя чувствую без использования других лекарств. Но такие «удачные» пациенты не все. Препарат, к сожалению, эффективен не для всех больных.

— А почему?

— Оказалось, что те клетки, которые вызывают болезнь, имеют большее разнообразие, чем мы ожидали. Но это можно было выявить только в ходе клинических исследований. Сейчас мы понимаем, как нам кажется, причину неэффективности для ряда больных и активно работаем вместе с Институтом биоорганической химии имени академиков М. М. Шемякина и Ю. А. Овчинникова РАН и компанией «Биокад» над созданием новых препаратов. Надеемся, что это позволит и другим пациентам, которым не помогла эта разработка, получить эффективное лечение. Нам важно, что абсолютно новая платформа, основанная не на иммуносупрессии (именно на этом принципе построена современная терапия аутоиммунных заболеваний), а на таргетном, прицельном уничтожении узкой группы патогенных клеток, Т-лимфоцитов, была впервые использована и доказала свою эффективность. Это означает, что и для других аутоиммунных заболеваний могут быть разработаны подобные препараты. Не хочу давать названия конкретных болезней, с которыми мы сейчас работаем, но это социально значимые заболевания, которые распространены и в мире, и у нас в стране. Мы верим, что сама платформа станет основой для нового направления в области лечения аутоиммунных заболеваний. А сегодня данный препарат «первый в линии», то есть стал архетипом для создания новых с аналогичным механизмом действия. В нашей стране это редкий случай.

Я не знаю других примеров, кроме вакцины «Спутник V», когда первый в линейке препарат выводится на рынок именно российскими учеными и производителями. Это встречает большой интерес в мире. Уже есть проекты по созданию аналогичных препаратов, основанных на том же принципе. Но мы здесь выигрываем в динамике несколько лет, и это означает, что мы еще долгое время будем сохранять лидерство, потому что сегодня уже работаем над следующими препаратами.

— Какие направления в области медицины и фармакологии вам кажутся сегодня наиболее перспективными?

— Я считаю, что в этом вопросе надо исходить из социальной значимости. Очень важным направлением является генотерапия, поскольку это дает надежду на помощь людям, для которых ранее не было никакой надежды на эффективное лечение, больным, имеющим врожденные генетические нарушения. А это очень широкий спектр заболеваний, их сотни. Разработка каждого препарата при этом достаточно сложная и дорогая. Поэтому здесь создание коммерчески обоснованных препаратов ограничивается буквально десятком-другим заболеваний. Что делать с остальными, непонятно, и, хотя больных по каждому заболеванию может быть очень немного, десятки или сотни человек на страну, а в целом этих болезней под тысячу, в итоге получается, что страдает относительно большая группа населения, обычно дети. И здесь наш университет совместно с Научным центром акушерства, гинекологии и перинатологии им. В. И. Кулакова и при мощной поддержке Министерства здравоохранения РФ работает над созданием такой уникальной платформы, когда диагностика, подготовка препарата, лечение и реабилитация производятся в рамках одного учреждения. Этот проект сейчас в активном развитии.

Еще одно направление связано с нейродегенеративными заболеваниями. В этой области, конечно, ведутся активные исследования как во всем мире, так и у нас. Пока не могу сказать про серьезные прорывы, но у нас в университете совместно с Институтом молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта РАН проводятся разработки новых подходов, которые дают надежду на существенные подвижки в лечении болезни Альцгеймера. Я абсолютно уверен, что в ближайшие годы нам удастся достичь заметного прогресса в поддержке людей, страдающих от этого страшного недуга, и Россия будет одним из основных лидеров в этой области медицины.

— Вы ректор одного из крупнейших российских вузов. Насколько изменилось образование за последнее время, стало ли более междисциплинарным?

— Образование — это одна из наиболее консервативных областей, но и она хоть медленно, но неотвратимо меняется. Для нас в медицине наиболее важным является соединение глубоких теоретических, фундаментальных знаний и практических навыков. Нам нужно не просто рассказывать о теориях и областях знаний, но вовлекать студентов в научные проекты, если они собираются заниматься наукой. А если планируют врачебную стезю, они должны получить возможность активно участвовать в обходах, в обсуждениях пациентов и их проблем, получать от наставников из первых рук умение анализировать болезнь и системно видеть больного. А самым важным я считаю готовить врачей так, чтобы они могли взаимодействовать с учеными, говорить на одном профессиональном языке, совместно трудиться над созданием новых препаратов и медицинских технологий. Поэтому в последние годы мы существенно изменили структуру нашего университета. У нас раньше были отдельно факультеты, на которых шел образовательный процесс, отдельно — научные институты, где шли исследования, отдельно — медицинские подразделения, которые лечили. Мы объединили все эти направления в рамках институтов, в которых есть учебные кафедры и научно-исследовательские лаборатории, при тесном взаимодействии с клиниками. Это, на наш взгляд, позволит руководству институтов обеспечить трансляцию самых современных врачебных практик и новых научных знаний в обучение студентов. Я вижу в этом наиболее важное направление, в котором мы работаем.

Беседовала НАТАЛИЯ ЛЕСКОВА

«В эру ИИ человек будет нужен всегда»

Евгений Бурнаев, доктор физико-математических наук, профессор, директор Центра искусственного интеллекта Сколтеха, лауреат Научной премии Сбера 2024 года.

— Евгений Владимирович, расскажите, как развивалась ваша научная работа после получения Научной премии Сбера?

— Не будет преувеличением сказать, что получение премии стало важной вехой в моей жизни. Премия Сбера — это признание того, что движимое мною дело имеет смысл и оценивается не только узкой группой специалистов или бизнес-заказчиков, которым в конкретном технологическом процессе нужна автоматизация с помощью искусственного интеллекта, а в целом на более широком уровне. Это очень приятная история, которая мотивирует заниматься своим делом с удвоенной силой.

— Какие видите перспективы развития цифровых технологий и в целом искусственного интеллекта в нашей стране?

— Развитие искусственного интеллекта как инженерной дисциплины направляется потребностями различных отраслей в решении сложных прикладных задач. Соответственно, перспективы развития хорошие, потому что в России в целом, если говорить про применение ИИ в определенных отраслях промышленности, неплохие заделы. Есть свои беспилотные автомобили, свой поисковик, много различных сервисов. Имеются точки приложений, где именно методы искусственного интеллекта нужны и важны.

— Какие тут есть новые возможности и опасности?

— Я достаточно оптимистичен по поводу методов автоматизации на основе искусственного интеллекта. Здесь есть огромное поле для проведения исследований. Современные инженерные системы становятся все более сложными, требуются все более нетривиальные подходы для их моделирования. Именно эти вызовы мотивируют постановки новых интересных фундаментальных задач.

Что касается опасностей, то, безусловно, могут возникнуть и проблемы. Если, например, произведено непрофессиональное внедрение методов искусственного интеллекта в какую-то сложную ИТ-систему без учета различных требований, связанных с безопасностью, устойчивостью и т. д. Но это скорее вопрос культуры разработки и внедрения систем автоматизации. Для предотвращения проблем или устранения последствий от возникновения сбоев в такого рода ИТ-системах уже существуют достаточно хорошо проработанные подходы.

ПРЕДОСТАВЛЕНО ПРЕСС-СЛУЖБОЙ СБЕРБАНКА

— У вас богатый опыт работы с самыми разными проектами, связанными с ИИ. Какие до сих пор остаются, если можно так сказать, самыми любимыми?

— В каждый период времени у меня есть проект, который мне более всего интересен. В настоящее время у нас очень много разных задач: обработка пространственных данных и мониторинг характеристик региона интереса на поверхности Земли, прогнозирование вероятности возникновения лесных пожаров, автоматизация построения модели месторождения, обработка документов и т. д.

Несколько слов о проекте, который меня сейчас больше всего интересует. Ранее мы разрабатывали в Центре искусственного интеллекта подход для детекции источника загрязнения по данным, собираемым соответствующими датчиками. Обычно речь шла о загрязнениях, возникающих из-за работы крупных производств.

Неожиданно оказалось, что такого рода подход важен и в другой области. Есть такая Организация договора о всеобъемлющем запрете ядерных испытаний. Она находится при ООН в Вене. В мире расположено полсотни станций, которые измеряют сейсмику, инфразвук, радионуклиды и гидроакустику. На основе этих данных эксперты могут оценить: если где-то произошло определенное событие, то вызвано ли оно проведением ядерных испытаний. Понятно, что по этим данным также можно фиксировать возникновение каких-то опасных ситуаций, связанных с атомными станциями. Мы смогли адаптировать наши подходы, включающие и искусственный интеллект, чтобы можно было быстрее рассчитывать локальные прогнозы погоды в регионе интереса для решения задачи выявления источника радионуклидов, которые были обнаружены теми или иными станциями.

— Как вы говорили на церемонии вручения премии, вы занимаетесь созданием инженерного искусственного интеллекта. Что это такое и что даст обществу?

— Когда инженер решает конкретную инженерную задачу, он находится внутри нее в некотором смысле. Обычно он формулирует, чего хочет достичь, как декомпозировать траекторию достижения этой цели, какие сделать шаги для движения по этой траектории. Если мы строим модель месторождения, то обычно разные отделы отвечают за выполнение отдельных функций. Этот многоэтапный процесс занимает значительное время. Однако его можно автоматизировать: искусственный интеллект способен самостоятельно разложить задачу на шаги и запускать необходимые вычислительные модули, а человек будет управлять работой программы.

— Но человек все-таки необходим?

— Конечно. Мы от человека не отказываемся — это невозможно. Человек будет нужен всегда. А насчет того, что это даст обществу,— будет возможность проектировать сложные инженерные объекты более эффективно и быстро.

— Будущее — за специализированными отраслевыми ИИ? Или все-таки за абстрактным общим ИИ (AGI)? И что такое, по вашему мнению, AGI?

— Я скажу провокационную вещь. Обычно считают, что сначала мы сформулируем, как должна выглядеть технология AGI, и далее будем ее постепенно разрабатывать, чтобы достичь этого самого общего искусственного интеллекта. Я же думаю по-другому. Например, сейчас есть модели, которые могут работать одновременно с изображениями, с текстом и с видео. Есть и модели с большим числом модальностей данных. Развитие идет, и через какое-то время может появиться такая модель, про которую мы скажем: вот, это и есть AGI. То есть случится обратное: в какой-то момент большинству людей будет не так важно, действительно ли это какой-то разум или нет. Такая модель может таковым и не являться в общепринятом понимании, но в целом люди согласятся, что это уже можно будет назвать AGI. А если по-простому, то AGI — это некая система, обладающая интеллектом и способностью к обучению, подобными человеческому, что позволяет ей понимать, обучаться и решать широкий спектр интеллектуальных задач на уровне человека. В общем, фактически речь идет о том, чтобы сделать модель, которая различные интеллектуальные способности человека может в себе соединить и достаточно качественно имитировать. Но до этого еще достаточно далеко.

— Как вы думаете, есть ли такие у человека способности, которых никогда не сможет достичь искусственный интеллект?

— Человек — достаточно сложный организм. У человека есть всякие органы чувств: обоняние, осязание, зрение, слух. Есть болевые рецепторы. «Эмбодимент» — «воплощение» ИИ, это, по сути, робототехника, которая все эти способы восприятия внешнего мира должна уметь имитировать. Это вопрос внедрения механизмов работы такого рода чувств: если вам нужен робот, который будет оценивать для себя опасность, у него тоже будет чувство самосохранения, и это можно реализовать через некую имитацию болевых ощущений. Как этот механизм должен быть устроен и интегрирован с остальными системами робота — это нетривиальные вопросы, ответы на которые пока люди не понимают. Не знаю, как будет в далеком будущем, но я думаю, что еще очень долго наши слух, вкус, обоняние, осязание будет сложно реализовать для систем на основе ИИ, которые должны будут взаимодействовать с внешним миром.

— Ваш ученик Александр Коротин получил Научную премию Сбера за применение ИИ в науке. А когда ИИ станет вашим полноценным учеником и сможет полноценно делать науку под вашим руководством? Сможете ли вы когда-либо назвать своим учеником ИИ?

— Ученик в человеческом понимании — это тот, которому вы передаете не только формальные знания, но и свое отношение к миру, паттерны своего поведения. А когда мы говорим об ИИ, который научился писать статьи,— это совсем другое. Пока еще до того, чтобы ИИ совершал научные открытия, очень далеко. Чтобы ИИ помогал ученому в поиске — да, такие системы уже есть, они качественно работают. Это и работа с научной литературой, и обработка данных, и перевод. Но это неодушевленный объект, он не может быть моим учеником. Поэтому — нет, конечно. Другое дело, если бы мне удалось построить систему, которая могла бы сама какие-то открытия реализовывать. Я бы гордился тем, что такой проект сделал. Но повторюсь — я бы не называл ИИ «учеником».

Беседовала НАТАЛИЯ ЛЕСКОВА

Фонтанные истории Рима

Держу пари, никто, даже коренной римлянин, без гугла не ответит, сколько в Риме фонтанов. Между тем ни один город в мире не может в этом соперничать с Римом: их насчитывается около трех тысяч, хотя на вид он настоящий каменный мешок.

SHUTTERSTOCK PREMIER / FOTODOM

_Фонтан Треви, вид изнутри

Я пил из этого фонтана в ущелье Рима.
Теперь, не замочив кафтана, канаю мимо.
Иосиф Бродский. Пьяцца Маттеи (1981).

Поэт-романтик Перси Биши Шелли считал, что воды Вечного города — одна из главных причин его навестить. Под мощными плитами римских мостовых таится целая текучая вселенная, постоянно прорывающаяся наружу струями монументальных творений Бернини и в ручейках простых питьевых фонтанчиков — назонов (naso — по-итальянски нос), зачастую увенчанных головой Капитолийской волчицы. Пышные, искрящиеся брызгами изваяния — и следом безвестные замшелые чаши или полные влаги саркофаги с полустертой надписью acqua potabile — питьевая вода.

Римляне всегда уделяли особенное внимание воде. Древние понастроили многие километры акведуков по всей Европе; оставили после себя гигантские руины терм — как термы Диоклетиана, в которых сегодня разместились и базилика, и сады, и музей.

Но и в папском Риме не охладела любовь к бурлению воды.

До градостроительного переворота Муссолини в 1936 году на площади между Колизеем и римским Форумом, у начала виа Сакра можно было созерцать древнейший фонтан Рима — *Мета суданс* (потеющая, или сырая отметка), гигантский конус, у которого на состязаниях сворачивали беговые колесницы.

Этот фонтан служил началом и концом (все дороги ведут в Рим) путей, был 17 м высотой и 10 м глубиной. Муссолини, конструируя новую систему площадей, пошел против водной стихии и сравнял фонтан с землей — сегодня на его месте каменный круг.

Каждый из одиннадцати исторических акведуков носил название: или в честь императора-строителя (Аппия, Юлия, Траяна и пр.), или говорящее о качестве воды (Тепула — теплая), или адресовавшее к легенде (Вирго — воды Девы). В сегодняшних фонтанах обязательно плещутся воды древних скважин.

Нашествие готов в VI веке разрушило водопроводную систему, городская жизнь в Средние века деградировала в сравнении с античностью — и главной питьевой и хозяйственной артерией Рима стала река Тибр. Санитарные условия особенно никого не волновали, воду отстаивали в специальных цистернах, продолжая превозносить ее качество, папы не гнушались брать ее с собой в путешествия. В Трастевере и в Сан-Пьетро, за Тибром, текли родники, водоснабжение города было кое-как налажено благодаря частным колодцам и водоносам; тогдашние источники грунтовых вод до сих питают водой дома в центре города.

И все же один древний акведук продолжал функционировать до XVI века — Аква Верджине длиной 20 км: он доставлял воду в центр города еще во времена Августа (I век до н. э.) для снабжения терм близ Пантеона и окружающего района Кампо Марцио. Имя свое акведук получил потому, что источник воды указала солдатам прекрасная дева (лат. «вирго», ит. «верджине» — дева, девственница). В XVI веке акведук завершался фонтаном Треви: тогда общеизвестный туристический монетосборник ничем не отличался от простых столпообразных источников у дорог, чистейшая вода лилась в чашу из трех отверстий («ин тривио», отсюда название — «треви»).

После столетий застоя первыми почувствовали причастность к водному владычеству над городом, естественно, папы: произошло возрождение системы водоснабжения города.

Вот некоторые любопытные экземпляры из тысячной армии водных затей Вечного города.

Папские игрушки

Многие папские фонтаны представляют собой триумфальный выход, выплеск древних вод императорских акведуков. Папы здесь выступали освободителями стихии, новыми Нептунами или Моисеями, оправляя струи в камень и снабжая конструкцию неизменными аллегорическими атрибутами власти и программными надписями. Таков величественный фонтан — триумфальная арка папы Паоло Боргезе (1605–1621) **Аква Паоло,** прозванный в народе Фонтаноне («фонтанище»),— творение рук Джованни и Карло Фонтана (говорящая фамилия) и Фламинио Понцио. Гигант возведен в стратегическом месте — на холме Яникул и несет воды озера Браччано с помощью акведука Траяна (109 г.). У подножия простирается весь город, на который через струи фонтана символически нисходит папская благодать.

Увлекательна история фонтана **Аква Феличе** (или **фонтана Моисея)**. Папа Сикст V, в миру Феличе Перетти (отсюда и Аква Феличе), задумал снабдить водой холмистые района Виминала и Квиринала, а заодно собственную виллу в районе нынешнего вокзала Термини. Он заново отстроил акведук Алессандрино (императора Александра Севера, 222 г.) и пустил воду из Палестрины (городок в 35 км к востоку от Рима). Струи новой артерии оживили две грандиозные папские конструкции: государственную — **фонтан Диоскуров** (1588, переделан в 1775–1799) на холме Квиринал и частную — на вилле понтифика в форме **фонтана Моисея** (Доменико Фонтана, 1587) с целым созвездием аллегорий, где папа представал подобием Моисея. Это не помешало ему позаимствовать немного белого травертина для фонтана из руин терм Диоклетиана и пару львов из порфира и орнаментов — из Пантеона (перенесены в музеи Ватикана). Главную нишу заняла статуя Моисея работы скульпторов Леонардо Сормани и Просперо Антики; второму — по легенде — ошибочно приписали авторство всего памятника, и он повесился, не вынеся уродства статуи. Фонтанный Моисей, и правда, не может соперничать с творением Микеланджело (1513). Римляне окрестили фонтанного Моисея коротышкой и сложили стишок: «Фонтан хорош, вода свежа, но с чудищем вверху она уже не та. Эй, Сикст, ведь ты свое слово держишь всегда — такого „Микеланджело“ вздернуть пора».

SHUTTERSTOCK PREMIER / FOTODOM

_Деталь фонтана Черепах на площади Маттеи

SHUTTERSTOCK PREMIER / FOTODOM

_Уличный питьевой фонтан

GETTY IMAGES

_Фонтаны площади Навона

Фонтаны-легенды

Есть в Риме фонтаны, чье появление окутано тайной, к примеру, небольшой фонтан в районе гетто на площади Маттеи, описанный Иосифом Бродским. Маттеи, влиятельный средневековый римский род, держали контроль за прибрежным отрезком Тибра у острова Тиберия и соседним районом Сант-Анджело, получившим название «острова Маттеи». Постепенно на этих землях стали селиться иудеи, которым Маттеи предлагали покровительство. Небескорыстно, разумеется. В центре этого островка благополучия и вырос однажды удивительный **фонтан Маттеи,** или **Черепах** (конец XV в., Джакомо делла Порта, черепахи — Лоренцо Бернини, 1658) — изящная игрушка с фигурами четырех юношей на дельфинах, подталкивающих в раковины черепах.

Считается, что фонтан появился из-за любовной истории. Римский аристократ Муций Маттеи сватался к княжне Сантакроче, но отец девушки, зная его как страстного игрока, отказал. Маттеи пригласил отца с дочерью к себе на ужин и ночлег. А утром на площади красовался фонтан — явное свидетельство финансовой мощи и фантазии Муция. Неизвестно, дал ли согласие Сантакроче, но результат до сих пор радует глаз.

У площади Испании находится «потопленный» **фонтан Баркачча** («Лодчонка», 1627–1629) Пьетро Бернини, отца Лоренцо Бернини, знаменитого скульптора эпохи барокко и автора самых диковинных римских построек. Говорят, безвестный челн занесло на площадь рождественским наводнением 1598 года, что настолько впечатлило папу Урбана VIII Барберини, что он немедленно подогнал сюда воды акведука Аква Верджине и запечатлел судно в мраморе. Перед Пьетро Бернини стояла еще и сложная техническая задача — компенсировать малое давление вод акведука в этом месте. Поэтому лодчонка расположилась в нише ниже уровня улицы и вот уже почти четыреста лет все никак не может потонуть.

Звериная тема

На оживленной площади Барберини возносит ввысь струю **фонтан Тритона** (1642), творение Лоренцо Бернини. Тот же неутомимый Урбан VIII Барберини, заказчик лодочки на площади Испании, задумал вновь воспеть животворящую стихию статуей получеловека-полурыбы. Коленопреклоненное божество, закинув голову, трубит в морскую загогулину, восседая на раковине, покоящейся на дельфиньих хвостах. Ничего папского вроде нет — но можно разглядеть между хвостами дельфинов неожиданных в водном контексте пчел с герба Барберини, а также ключи и тиару, что говорит о присутствии Урбана. Римляне прозвали фонтан «звонким Тритоном», поскольку падающий с высоты поток воды производил неимоверный шум. Вероятно, не меньший переполох производили тела неизвестных, которые выкладывались у Тритона на опознание вплоть до XVIII века. Все те же пчелы с герба Барберини населяют одноименный **фонтан Пчел** (Лоренцо Бернини, 1644), грациозно примостившийся на углу площади неподалеку от Тритона. По поводу этой деятельной папской семьи в народе существовала поговорка: «Что не успели сделать варвары — сделали Барберини»,— в положительном смысле это относится к самым причудливым фонтанам города.

Есть в Риме и тритон, из уст которого давно не течет вода,— это маскарон I века в стене под портиком церкви Санта Мария ин Космедин, получивший название **«Уста Истины»**. Источники XI века приписывали ему пророческие свойства, а в XII–XV веках сюда якобы приводили супругов и разных врунов для проверки верности их показаний посредством просовывания руки в отверстие фонтана (часто палач, притаившийся за стеной, «отгрызал» мошенникам руку вместо тритона). Подобная романтическая история с незаслуженно осужденной женой описана в «Декамероне» (1349–1351) Джованни Бокаччо и в шуточной форме обыграна Грегори Пеком в фильме «Римские каникулы» (1953).

Любопытен **фонтан Бабуина** (1576) с водой из акведука Аква Феличе. Причиной прозвища послужила крайняя нелицеприятность языческой статуи получеловека-полукозла (вероятно, копии древней скульптуры Силена), возлежащего на краю взятой из терм мраморной ванны. Прозвище оказалось настолько живучим, что повлияло на переименование улицы Паолина в улицу Бабуина.

Замыкает парад фонтанных животных курьезный персонаж — свиноматка. Ей был посвящен ныне разобранный **фонтан делла Скрофа**, давший название улице виа делла Скрофа. Остатки свиного барельефа можно увидеть в стене монастыря августинцев, а саму чашу фонтана перенесли на угол близлежащей улицы Портогези.

Магия чисел

Особенно любимо в водной символике Рима число четыре: стороны света, времена года, континенты. На эллипсовидной площади Навона, повторяющей древние формы цирка Домициана, господствует **фонтан Четырех рек**, увенчанный египетским обелиском (снова Лоренцо Бернини, по заказу папы Иннокентия X, 1651). По слухам, создавая гигантские белокаменные аллегории рек Дуная, Нила, Ганга и Рио делла Плата, хитроумный скульптор думал не только об известных континентах, но и как насолить конкуренту по папским заказам — архитектору-чудаку Франческо Борромини. Бернини решил вступить в диалог с формами церкви Сант'Аньезе, выстроенной там же, в центре площади: его Рио делла Плата картинно заслоняет рукой глаза, а Нил покрыл голову плащом, якобы спасаясь от неимоверного уродства постройки. Среди морских гадов, рептилий и коней фонтана притаился голубь — не только символ Святого Духа, но и атрибут герба рода Иннокентия X Памфили.

Еще одна «четверка» водных божеств, соседствующая с гением Борромини, расположилась на перекрестке улиц виа Пиа (ныне XX сентября) и виа Феличе (ныне **Четырех фонтанов**) у церкви Сан-Карло.

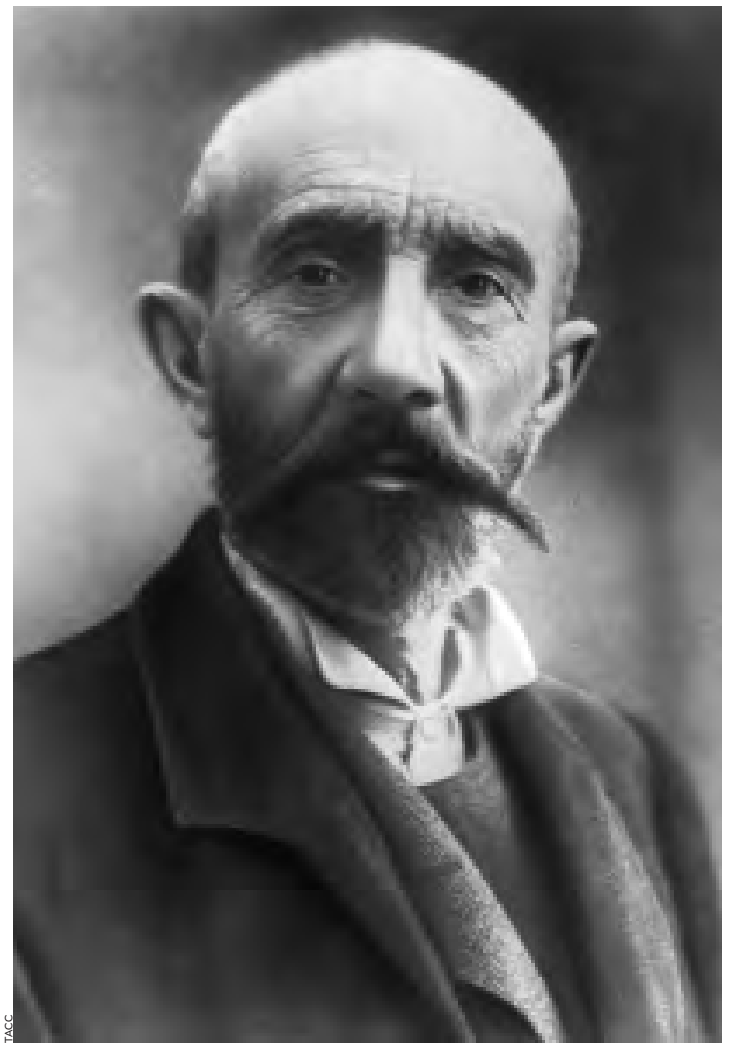
Эти источники отстраивались на частные средства. Речь идет о временах уже известных нам Сикста V, Доменико Фонтана (фонтан Моисея) и Муция Маттеи (фонтан Черепах). В 1589 году понтифик послал Маттеи через архитектора пять кусков вулканического туфа с раскопок Палатинского холма. А Муций украсил углы смотрящих на перекресток домов божествами и добродетелями над замшелыми чашами, словно только что поднятыми со дна. Здесь и кудрявый бог реки Арно со львом на фоне стеблей папируса (вспомним о Ниле), и напротив него, на углу церкви Сан-Карло (Борромини, 1638–1661) — лохматый Тибр с рогом изобилия и Капитолийской волчицей, и два женских божества — Юнона (Мужество) в короне, с львом и лебедем, смотрящая в сторону Испанской лестницы, и дева с собакой, заснувшая на папском троехолмии — Диана (Верность).

НАДЕЖДА ЧАМИНА, кандидат искусствоведения, PhD,
университет Болоньи

Селекционная инженерия Ивана Мичурина

В этом октябре исполнилось 170 лет со дня рождения Ивана Владимировича Мичурина, доктора биологических наук, почетного академика АН СССР, академика ВАСХНИЛ, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, создателя более трех сотен новых сортов плодовых, овощных, цветочных и других растений, кавалера орденов св. Анны, Ленина и Трудового Красного Знамени, автора более 500 научных публикаций по селекции растений и крайне вредного с точки зрения ныне модной экологической экономики афоризма: «Мы не можем ждать милостей от природы; взять их у нее — наша задача».

По сословной принадлежности Мичурин был из дворян в четвертом колене. Род Мичуриных числился в Дворянской родословной книге Рязанской губернии и вел начало от его прадеда, отставного майора Ивана Наумовича Мичурина. Можно сказать, что направление деятельности Ивана Владимировича Мичурина было предопределено едва ли не по факту рождения: традиции садоводства в течение нескольких поколений, как только Мичурины стали помещиками. Разведением яблонь и груш увлекались и его дед, отставной полковник, и отец будущего селекционера, губернский секретарь, и сам он с детства умел прививать растения.



ТАСС

Мичурин не знал генетику, но действовал в соответствии с ее законами

Железнодорожник Мичурин

Мать мальчика умерла, когда ему было всего 4 года, грамоте Ивана учил его отец, а потом он поступил в Пронское уездное училище, в 17 лет окончил его и готовился к поступлению в Александровский лицей. Так после переезда из Царского Села в столицу в 1843 году назывался знаменитый Царскосельский лицей, а в нем инспектором служил муж сестры отца Ивана Мичурина. Но отец тяжело заболел, его имение, и так заложенное, пришлось продать за долги. Дядя Ивана, Лев Иванович Мичурин, отправил его в Рязанскую губернскую гимназию, но, не проучившись там и года, Иван был исключен, и Лев Иванович устроил племянника кассиром-конторщиком на железнодорожную станцию в Козлове Тамбовской губернии.

На станционной службе Иван Мичурин через два года дорос до должности помощника начальника станции, а попутно зарабатывал, открыв часовую мастерскую, как когда-то Иван Кулибин. В 19 лет Мичурин женился на дочери станционного рабочего, и молодая семья сняла небольшую заброшенную усадьбу на окраине города, где он начал проводить опыты по выведению различных сортов плодов и ягод. Очень скоро места для этого там перестало хватать. Семья садовода-железнодорожника перебралась в городской дом с большим садом, который сразу же пришлось заложить, но и в этой городской усадьбе Мичурину со временем стало тесно. В 1887 году он приобрел участок земли неподалеку от Козлова, в слободе Турмасово, где создал свой знаменитый селекционный питомник и проработал до конца жизни.

К началу XX столетия Иван Мичурин уже был известным селекционером не только в Российской империи, но и в других странах, его саженцы пользовались все возрастающим спросом.

Главный инженер селекции

С железной дороги Мичурин уволился в 1888 году, когда у него появились первые деньги от коммерческой продажи выведенных им сортов, их каталоги с ценами он клал в проходящие поезда. Деньги шли на расширение его питомников. Но в принципе его жизнь могла пойти и по другой траектории — инженера-изобретателя в области бурно развивавшейся тогда электротехники. В его рабочем кабинете на стене висели сконструированные им барометры и дозиметр радиации, стояли собранные им самим пишущая машинка и оригинальная машинка для набивки папирос, в мастерской — динамо-машина его конструкции, перегонный аппарат для получения масла из масличных культур и десятка два оригинальных садоводческих инструментов и приспособлений. Даже свой вариант двигателя внутреннего сгорания он изобрел. Но главное — железнодорожная станция города Козлова освещалась системой конструкции Мичурина.

В принципе все это можно было запатентовать, в 1870 году в законодательстве Российской империи появилось положение, позволявшее изобретателю требовать выдачи ему в установленный срок «привилегии» (патента) на то, что он изобрел, вне зависимости от того, считает ли кто-либо посторонний его изобретение полезным или бесполезным, и была значительно упрощена процедура рассмотрения и выдачи «привилегии» — из нее исключили обсуждение в Госсовете и удостоверение «привилегии» императором, хотя формально они по-прежнему выдавались от имени государя.

Этим воспользовался, например, Лодыгин, запатентовавший в 1872 году лампу накаливания и сразу после получения «привилегии» создавший компанию «Русское товарищество электрического освещения Лодыгин и К°». Правда, заработать большие деньги на лицензировании своего изобретения у Лодыгина не получилось, их заработал Эдисон, потому что это был вопрос даже не предприимчивости изобретателя, а экономической политики Российской империи, где до 1917 года 82,4% «привилегий» (патентов) было выдано иностранцам, включая Белла, Дьюара, Эдисона, Форда, братьев Райт, Пастера, Люмьера, Даймлера, Боша, братьев Маузер и т. д., и только 17,6% отечественным ученым, в том числе Жуковскому, Лодыгину, Попову, Циолковскому.

Тем не менее, учитывая его упорство, трудоспособность и нацеленность не на теорию, а на практический результат, Мичурин вполне мог стать успешным изобретателем. И он стал им, но не в электротехнике, а в той области, которая была целью его жизни — конструирования новых сортов плодово-ягодных культур. Хорошо известно, что Мичурин выписывал и читал периодику не только по садоводству, но и общей биологии. Но у него и мысли не было вести скрещивание растений в чисто научных целях,

например, для подтверждения теории Ламарка о наследовании благоприобретенных признаков или, напротив, проверки теории наследственности Дарвина путем естественного отбора.

Более того, работы Грегора Менделя по наследственной статистике гибридов гороха он презрительно называл «гороховыми», а в 1916 году, когда уже была создана первая генетическая карта хромосомы, называл профанацией. «В последнее время наши неофиты дела гибридизации как-то особенно назойливо стараются нам навязать этот гороховый закон — создание какого-то давно умершего австрийского католического монаха — и что всего обиднее это то, что они не унимаются в этом... Неужели, господа... Вы все-таки будете продолжать пестаться с этим гороховым законом...» — писал он с завидной самоуверенностью.

ТАСС

_Мичурин с сотрудниками в плодовом питомнике в пригороде Козлова — Донской слободе

Причина этого тоже предельно понятная: отсутствие у Мичурина соответствующего образования. И почему он не задумался над тем, что число «профанов», поставшихся с законами наследственности Менделя, только росло, и не постарался ликвидировать этот пробел, тоже можно объяснить. Ему это не было нужно для его работы.

То, чем занимался Мичурин, было по своей сути в чистом виде инженерией, только живых природных объектов. Селекционными методами, известными и новыми, которые он изобретал, он конструировал из теплолюбивых сортов плодово-ягодных культур сорта, способные плодоносить в более холодном климате средней полосы России, и разрабатывал условия «особого режима воспитания сеянцев, например, электризация почвы, но исключительно подставными батареями и не более как 2 вольта напряжения, с направлением течения тока с севера на юг».

Вот только запатентовать их Мичурин не мог. В XIX веке был только один случай, когда Луи Пастер получил в 1865 французский патент на штамм дрожжей для производства пива и потом, в 1873 году, такой же патент США. Это сейчас вовсю патентуются живые организмы и даже их гены, но тогда патентование живого казалось нонсенсом. Ситуация изменилась только в 1930-е годы, когда в разных странах, в том числе и в нашей стране, начали выдавать патенты на селекционные достижения. У нас первое такое «авторское свидетельство» (советский патент) получил академик Петр Иванович Лисицын за созданный им сорт озимой пшеницы. А в 1973 году постановлением Совмина СССР «селекционные достижения приравнивались по правовой охране к изобретениям на новые сорта и гибриды сельскохозяйственных культур и других культивируемых растений».

Передовая мичуринская агробиология

К началу XX столетия Иван Мичурин уже был известным селекционером не только в Российской империи, но и в других странах, его саженцы пользовались все возрастающим спросом. Он регулярно публиковал свои работы по выведению новых сортов и акклиматизации гибридов в научных и популярных изданиях. Сообщал он о новых сортах и в торговых каталогах своих саженцев, а таких каталогов до начала мировой войны он выпустил большими тиражами больше дюжины.

Писал он и власти, просил у государства деньги для расширения его дела, чтобы сохранить его «новые сорта, которые за недостатком свободного места частью рассеялись по различным покупателям в России и за границей, откуда к нам вернутся под другим именем». В ответ вместо денег получил орден св. Анны 3-степени, то есть по старшинству орденов империи предпоследний с конца, и предпоследней, тоже с конца, степени, каковым обычно награждали чиновников 12-го класса, третьего с конца в Табели о рангах.

Мичурину предлагали переехать в Америку, обещая создать ему там все условия, которые он пожелает, а когда он отказался, изъявили готовность купить у него оптом образцы сеянцев всех его сортов и гибридов и заодно все те растения, с которыми он работал, а в его питомнике насчитывалось тогда около 900 видов растений со всего мира. Над этим предложением Мичурин глубоко задумался. Но пока он думал, началась мировая война, потом две революции подряд, и в 1918 году все его хозяйство было национализировано, о чем новая власть его уведомила: «С 1-го ноября с. г. Вы назначаетесь ст. специалистом садоводства Опытного Отдела и Вам поручено заведывание питомником, принадлежавшим прежде Вам, ныне национализированным, согласно постановлению Народного Комиссара Земледелия. Оклад содержания Вам установлен в размере 611 руб. в месяц». В начале 1922 года в Тамбовский губисполком пришла телеграмма Совнаркома следующего содержания: «Опыты по получению новых культурных растений имеют громадное государственное значение. Срочно пришлите доклад об опытах и работах Мичурина Козловского уезда для доклада Председателю Совнаркома товарища Ленину. Исполнение телеграммы подтвердите». В результате еще до конца года появилось второе отделение питомника в 5 км от первого, а в 1934 году здесь открылась Центральная генетическая лаборатория, ныне Всероссийский НИИ генетики и селекции плодовых растений им. И. В. Мичурина.

В том же 1922 году директор Государственного института опытной агрономии Николай Иванович Вавилов, уже известный в мировом сообществе генетиков открытием закона гомологических рядов, писал Мичурину: «Обращаются к Вам от Отдела прикладной ботаники и селекции с просьбой <...> составить для „Трудов прикладной ботаники и селекции“ сводную статью о результатах Вашей работы и о методах работы. Было бы крайне желательно получить резюме, листа на два печатных. Это резюме мы издали бы в достойном виде, переведя его целиком на английский язык». И добавляет: «Из Америки мы получили недавно просьбу сообщить о том, как Вы поживаете. В Америке до сих пор продолжают интересоваться Вашей работой. <...> И еще более убедительная просьба в интересах всех, кто интересуется в России садоводством, уделить несколько дней на составление очерка-сводки Вашей более чем 40-летней деятельности, который представит интерес не только в России, но и за границей. <...> Просим также сообщить точную дату Вашего рождения, которая, к сожалению, нам не известна».

Спустя десять лет дата рождения Мичурина и другие подробности его жизни и работы были известны всей стране, начиная от «юных мичуринцев» — юннатов и кончая секретарями обкомов, отвечавших за сборы урожаев. Он был награжден высшими советскими орденами, стал почетным академиком АН СССР. Но апогея известность Ивана Мичурина достигла уже после его смерти в 1935 году. В советском павильоне на Всемирной выставке в Нью-Йорке 1939 года грандиозное полотно 3 х 2,4 м «Садоводы в гостях у Мичурина» висело рядом с картиной чуть меньшего размера «И. В. Сталин и члены Политбюро среди детей в Центральном парке культуры и отдыха имени М. Горького». А в 1948 году на печально известной сессии ВАСХНИЛ он был объявлен «основоположником передовой мичуринской агробиологии».

Низвели весь грандиозный труд всей жизни Ивана Мичурина к инструменту расправы над «буржуазным вейсманизмов-морганизмом-менделизмом» (то есть неодарвинизмом и классической генетикой) президент ВАСХНИЛ Трофим Лысенко и его помощник академик ВАСХНИЛ Исаак Презент. Инструмент опасный и сильный, учитывая всенародную известность Мичурина. Директору Института общей генетики АН СССР академику Николаю Дубинину пришлось написать научно-популярную книгу «Теоретические основы и методы работ И. В. Мичурина» (1966), чтобы вернуть в науку «подлинного Мичурина», как выразился Дубинин. Но на самом деле он просто показал, что результаты гибридизации и селекции Мичурина вполне укладываются в законы генетики. Подлинный Мичурин, наверное, сильно удивился бы этому.

Вспомнили о Мичурине и сегодня, на Всероссийской научно-практической конференции «Научное наследие Ивана Владимировича Мичурина и глобальные вызовы современного садоводства», которая по инициативе РАН, Минобрнауки, Минсельхоза РФ и Ассоциации садоводов России в начале прошлого месяца состоялась в наукограде Мичуринске и была приурочена к 170-летию со дня его рождения, дате, честно говоря, не совсем круглой для подобных юбилеев. Только, похоже, ждать еще пять лет до 175-летия Мичурина времени не было.

Помимо традиционных на таких мероприятиях докладов и награждения сотрудников Федерального научного центра им. И. В. Мичурина почетными грамотами и благодарственными письмами Российской академии наук и комитета Государственной думы по аграрным вопросам, в выступлении академика Петра Чекмарева, собственно, и прозвучали те слова о Мичурине, которые крайне актуальны сейчас: «Объем импорта фруктов и ягод достигает 400 млрд руб. <...> Задача, которая перед нами стоит,— это создание комплекса мероприятий по формированию валового производства и сокращению импортозависимости от других стран».

КИРИЛЛ ТКАЧЕНКО, доктор биологических наук, Ботанический сад Петра Великого Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН

«Важно сохранять баланс: использовать технологии как помощника, а не замену человека»

Генеральный директор «Газпром-Медиа Холдинга» Александр Жаров рассказал «Ъ-Науке», как холдинг использует искусственный интеллект (ИИ) в своей работе, почему ИИ сейчас не готов полностью создавать оригинальные и интересные проекты и как ГПМХ выстраивает сотрудничество в сфере технологий и контента с зарубежными партнерами.

ПРЕДОСТАВЛЕНО ПРЕСС-СЛУЖБОЙ ГАЗПРОМ-МЕДИА ХОЛДИНГА

— Не так давно закончился фестиваль «Новый сезон», где одной из главных фишек онлайн-кинотеатров были проекты с использованием искусственного интеллекта (ИИ). Например, тот же Start подготовил целый сериал, где все персонажи были созданы нейросетями. Как «Газпром-Медиа Холдинг» использует ИИ в контуре своей медийной экосистемы?

— Мы используем ИИ в самых разных направлениях своей работы. Допустим, на Rutube ИИ нам помогает при модерации контента, формировании персонализированных рекомендаций, в клиентском сервисе и во многом другом. ИИ мы применяем и в сфере производства контента. Например, наша мультипликационная студия «Ярко» использует ИИ, чтобы делать прототипы образов героев. Это и избавляет художников от рутины, и одновременно ускоряет процессы — сейчас на создание прототипов нужно около полутора часов, а не несколько дней, как раньше. Значительная экономия времени.

Работа сценаристов тоже облегчается с помощью искусственного интеллекта. Так, у нас есть свой софт, обученный на нашей сценарной базе — он помогает писать фрагменты сценариев. Но, конечно, не истории целиком — качественно сделать это может только человек.

Упомяну также, что мы планируем сделать ассистента для наших создателей контента на Rutube. Он будет работать на базе искусственного интеллекта и помогать выбрать тему ролика, писать сценарий для него, рекомендовать определенный хронометраж и даже помогать выбрать наиболее подходящий для кадра цвет одежды.

— Рассматриваете ли вы создание и выпуск полноценных проектов, созданных исключительно ИИ?

— На данный момент, несмотря на головокружительную скорость развития технологий, ИИ не готов к тому, чтобы полностью создать по-настоящему оригинальный, глубокий и интересный проект. Прежде всего это связано с тем, что ИИ не обладает эмоциональным интеллектом как человек, а именно эмоциональный интеллект позволяет придать каждому творческому проекту индивидуальность и неповторимость. Поэтому мы предпочитаем более классические подходы к производству во главе с человеком, где ИИ используется как инструмент.

— Как нейросети помогают с модерацией контента, если говорить о Rutube и Premier? Можете ли вы объяснить принцип работы системы модерации? Сколько UGC-тайтлов было выявлено и удалено с его помощью (только на Rutube)?

— Модерация Rutube активно использует помощь искусственного интеллекта при поиске возможных нарушений в контенте, загружаемом поль-

> ИИ не обладает эмоциональным интеллектом как человек, а именно эмоциональный интеллект позволяет придать каждому творческому проекту индивидуальность и неповторимость. Поэтому мы предпочитаем более классические подходы к производству во главе с человеком, где ИИ используется как инструмент.

зователями. Так, например, четыре из пяти решений о публикации комментариев под видео и трансляциями принимается нейросетью. А все видео, которые авторы загружают на платформу, проверяются целым набором ML-моделей: одна модель анализирует возможные нарушения в названии и описании видео, другая ищет потенциальные риски в аудиоряде, анализируя автоматически сформированную транскрипцию речи, еще целый ряд моделей анализирует видеоряд. Сигналы о возможных нарушениях автоматически собираются в отчеты.

По некоторым из моделей модераторы получают подсказки непосредственно в сервисе модерации. Под его «капотом» скрывается целый комплекс моделей. При их разработке мы ориентируемся на полноту получаемых сигналов от нейросетей: лучше модель подсветит сомнительный момент, а модератор примет окончательное решение оставить контент на платформе, чем модель не подсветит ничего и модератор пропустит видео с нарушением.

Например, модель детекции откровенного контента подсвечивает около 90% случаев нарушений. Окончательное решение при оценке контента остается при этом за человеком.

— Как вы в целом оцениваете применение ИИ в кинопроизводстве? Можно ли назвать это этичным (принимая во внимание многочисленные споры о дипфейках)?

— Искусственный интеллект уже стал частью мирового кинопроизводства. Его используют для автоматизации процессов, создания спецэффектов, улучшения качества старых фильмов или работы с цветкорром. Это ускоряет и удешевляет производство. Так, с помощью ИИ можно вычитывать сценарии на ошибки и предлагать правки, даже подсказывать детали для проработки персонажей. Например, благодаря алгоритмам сценарист может не тратить несколько дней на сбор информации, допустим, об определенном психологическом типаже — ИИ за секунды обработает массив данных. Хочу привести также пример реализованного проекта — документального сериала Premier «Цвет истории», в котором с помощью ИИ были покрашены и восстановлены архивные кадры времен Великой Отечественной войны.

Важно сохранять баланс: использовать технологии как помощника, а не замену человека. Этически корректное применение ИИ предполагает прозрачность — без этого возникают трудовые и моральные конфликты, как в случае с дипфейками, которые вы упомянули. Поэтому мировая индустрия вырабатывает стандарты маркировки и контроля.

В целом попытки заменить людей алгоритмом приводят только к гибели креатива. Поэтому искусственный интеллект должен оставаться инструментом. Тогда это будет этичным.

— Как «Газпром-Медиа Холдинг» выстраивает сотрудничество в сфере технологий и контента с зарубежными партнерами? Например, Китай сегодня — один из лидеров в области внедрения инноваций. Есть ли у вас совместные проекты и планы?

— Мы активно развиваем международное сотрудничество, особенно в области технологий и искусственного интеллекта. Во время официального визита в Пекин в конце августа — начале сентября мы подписали соглашение с ведущей китайской IT-компанией Beijing Auranova-Technology & Culture Media Co., Ltd. Она специализируется на разработках в области ИИ и активно использует его для автоматического создания контента и ведения социальных сетей. Мы рассматриваем внедрение подобной технологии на Rutube. Сейчас этим занимается рабочая группа.

Компания Beijing Auranova планирует содействовать российским блогерам и инфлюенсерам в выходе на китайский рынок — инструментами, технологиями и экспертизой. Наш холдинг обеспечит поддержку китайским блогерам в выходе на наши платформы. Вместе с китайскими коллегами мы планируем делать совместный мультимедийный контент на основе ИИ-технологий Auranova. А в перспективе мы будем использовать их также для перевода контента на разные языки — это поможет нам усилить присутствие за рубежом.

Что касается других направлений, мы также выстраиваем партнерства с дружественными государствами. Сейчас наши цифровые активы развивают сотрудничество со странами Азии и Африки. В частности, мы переводим контент, привлекаем локальных зрителей. Кроме того, мы размещаем наши сервера за рубежом — они уже есть в странах СНГ, Германии и США. Мы видим растущий интерес зарубежной аудитории — только за этот год количество просмотров из-за рубежа превысило 1,8 млрд, и именно такие проекты помогают нам укреплять присутствие на международной арене.

— Планируете ли вы расширять сеть доставки контента? Если да, то сколько вы планируете закупить серверов до конца года?

— Мы постоянно дорабатываем и совершенствуем нашу серверную инфраструктуру, так как это критически важный элемент в работе видеосервисов. На сегодняшний день она представлена в 36 городах России, а также за рубежом. В этом году мы увеличили количество серверов более чем на 25%, а количество CDN-серверов — в два раза. До конца года мы планируем запустить еще 100 CDN-серверов. Увеличение их количества позволит нам сократить время загрузки видео до пользователя, нарастить емкость сети до 15 Тбит/с. Это не только даст еще большую пропускную способность, но и повысит устойчивость нашей инфраструктуры к DDoS-атакам. Уже сейчас в пиковые моменты мы испытываем нагрузку свыше 8 Тбит/с и обрабатываем более миллиона запросов пользователей в секунду.

— Какие технические нововведения ждут Rutube, Premier и Yappy после объединения? В чем заключается самый сложный аспект объединения (с технической точки зрения)?

— Объединение платформ предполагает интеграцию трех разных сервисов. Она происходит на нескольких уровнях: процессов разработки и поддержки, стека технологий, а также сервисов и инфраструктуры. К нынешнему моменту мы практически завершили объединение сервисов на одной технологической базе. Нам предстоит обеспечить бесшовность переходов между интерфейсами и сквозные функции —рекомендации и поиск. Пользовательский интерфейс мы адаптируем под совместную аудиторию трех разных сервисов, чтобы ей было удобно просматривать контент в соответствии со своими привычками.

Самый сложный аспект — это создание единой инфраструктуры. Экосистемное объединение всех площадок в одном месте — это непростая как техническая, так и продуктовая задача. Однако объединение разрозненных команд в одну большую позволит нам использовать сильные стороны всех частей нашей технической системы — именно на этом мы сейчас сосредоточены.

Самый сложный аспект — это создание единой инфраструктуры. Экосистемное объединение всех площадок в одном месте — это непростая как техническая, так и продуктовая задача. Однако объединение разрозненных команд в одну большую позволит нам использовать сильные стороны всех частей нашей технической системы — именно на этом мы сейчас сосредоточены.

— Если говорить об объединениях, в чем была цель интеграции «Рувики» и Rutube?

— Мы хотим поддержать наших коллег, которые создают большую энциклопедию. Вообще, считаю, что максимальная представленность информации в цифровой среде — это важнейший элемент развития нашего общества. И мы, и «Рувики» занимаемся этим — и вот решили объединить усилия. Вместе мы делаем энциклопедические знания доступнее и понятнее для зрителей. Контент «Рувики» появится на Rutube, это сделает нашу платформу еще более содержательной и полезной для пользователей.

— Какие технические нововведения планируется реализовать в контуре ГПМХ до конца года (касается всех активов: радио, видеохостинг, телеканалы, онлайн-кинотеатры)?

— Что касается наших цифровых видеоактивов, сейчас все наши силы брошены на то, чтобы в 2026 году завершить их консолидацию под зонтичным брендом Rutube. К концу текущего года мы закончим интеграцию на объединенной платформе раздела Rutube shorts, а к середине 2026 года — онлайн-кинотеатра Premier. Пользователи получат широчайший выбор контента любого формата на одной видеоплатформе: коротких роликов, сериалов или полного метра. В целом наш фокус в цифровых активах — это развитие технологий, в первую очередь на базе ИИ для развития рекомендательной системы, а также рост библиотеки контента. Сейчас у нас на платформе размещено 424 млн единиц контента, а к 2028 году, думаю, наша библиотека достигнет 1 млрд видео.

Беседовала ЮЛИЯ ЮРАСОВА

Долгий ковид

«Предварительные итоги коронавирусной пандемии». Здесь я постараюсь проанализировать, что изменилось за прошедшее время и куда ведет дальнейшая эволюция вируса вместе с эволюцией иммунных систем людей.

РОМАН ЯРОВИЦЫН

_Общее число смертей от ковида оценивается в 20 млн

Основные факты

Ковид — заболевание, вызываемое бетакоронавирусом SARS-CoV-2. Первые случаи заболевания людей ковидом произошли в Ухане, провинция Хубэй, КНР, в районе 17 ноября 2019 года. Первый подтвержденный случай заболевания человека в США был зарегистрирован 19 января, первый случай в России — 31 января 2020 года. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) объявила вспышку ковида чрезвычайной ситуацией в области общественного здравоохранения, имеющей международное значение, 30 января 2020 года и впервые назвала ее пандемией 11 марта 2020 года. ВОЗ прекратила действие чрезвычайной ситуации в связи с ковидом в области общественного здравоохранения 5 мая 2023 года.

С декабря 2019 года во всем мире было зарегистрировано более 760 млн случаев заболевания и 6,9 млн смертей, но фактическое число заболеваний намного выше ввиду того, что легко больные и члены семей с легким течением ковида не обращались к врачам, а количество смертей оценивается примерно в 20 млн, и оно намного превышает официальное, потому что многие пожилые люди умирали не от непосредственно самого ковида, а от его последствий через один-три месяца после коронавирусного заболевания.

Симптомы

Люди могут испытывать различные симптомы, связанные с ковидом. Симптомы обычно проявляются через инкубационный период в 5–6 дней после заражения и длятся 1–14 дней. Наиболее распространенными симптомами являются лихорадка, озноб, боль в горле. Менее распространенными симптомами являются: мышечные боли и тяжесть в руках или ногах, сильная усталость, сильный насморк, заложенность носа или чихание, головная боль, боль в глазах, головокружение, постоянный кашель, стеснение в груди или боль в грудной клетке, одышка, хриплый голос, онемение или покалывание в конечностях. потеря аппетита, тошнота, рвота, боль в животе или диарея, потеря или изменение чувства вкуса или обоняния, проблемы со сном.

По меньшей мере у трети инфицированных людей заметные симптомы не проявляются. Из тех, у кого развиваются симптомы, достаточно заметные, чтобы они были классифицированы как пациенты, у большинства (81%) развиваются симптомы легкой или умеренной степени тяжести (вплоть до легкой пневмонии), в то время как у 14% развиваются тяжелые симптомы (одышка, гипоксия или более 50% поражения легких при визуализации рентгеноскопией или, что точнее, компьютерной томографией), а у примерно 5% развиваются критические симптомы (дыхательная недостаточность, шок или полиорганная дисфункция). Пожилые люди подвержены более высокому риску развития тяжелых симптомов, и нередко тяжелые случаи у пожилых людей приводят к летальному исходу.

Людям со следующими симптомами следует немедленно обратиться за медицинской помощью: затрудненное дыхание, особенно в состоянии покоя, или неспособность произносить отдельные предложения, спутанность речи и сознания, сонливость или потеря сознания, постоянная боль или давление в груди, кожа становится холодной или липкой, бледнеет или приобретает синюшный оттенок, теряется способность говорить или двигаться.

Люди, у которых уже есть проблемы со здоровьем, подвергаются более высокому риску осложнений при ковиде; им следует обратиться за медицинской помощью как можно раньше. К ним относятся люди, принимающие иммунодепрессанты; люди с хроническими заболеваниями сердца, легких, печени или ревматологическими заболеваниями; люди с ВИЧ, диабетом, раком, ожирением.

Пути передачи и распространения коронавирусов

Передача ковида происходит при вдыхании инфекционных частиц или при контакте с ними глаз, носовой или ротовой полостей. Риск наиболее высок, когда люди работают или живут в непосредственной близости с больными. Мелкие аэрозолированные переносимые по воздуху частицы слюны, содержащие вирус, могут оставаться взвешенными в воздухе и переноситься на большие расстояния, особенно в помещении. Передача инфекции также может происходить при прикосновении пальцев рук к глазам, носу или рту после контакта с поверхностями или предметами, которые были заражены

ЛЕЧЕНИЕ

Министерство здравоохранения России одобрило несколько противовирусных препаратов, используемых для лечения легкой и среднетяжелой формы ковида у людей, которые с большей вероятностью серьезно заболеют. Эти препараты воздействуют на определенные белки вируса, чтобы остановить его размножение в организме после заражения, помогая предотвратить тяжелые заболевания и смерть.

К препаратам объективно доказанного действия методами доказательной медицины в ряде международных клинических испытаний относится дексаметазон (при лечении тяжелобольных он снимает цитокиновый шторм).

Также для снятия цитокинового шторма показана эффективность ингибиторов интерлейкина 6: сарилумаб, тосилизумаб, EXO-CD24.

В случае риска тромбозов эффективно снижают смертность при лечении ковида антикоагулянты Эликвис и Ксарелто.

Молнупиравир (Molnupiravir, известен как MK-4482, EIDD-2801, в России — Эсперавир), оральный препарат, через 24 часа вызывает падение размножения SARS-CoV-2, снижает смертность на 48%. Создан фирмами DRIVE, Ridgeback Biotherapeutics и Merck.

Вызывает ошибки копирования РНК полимеразой коронавируса Пакслович (Paxlovid), комбинация PF-07321332 (ингибитор протеаз) и ритонавира (ингибитор метаболизма), в клинических испытаниях 3-й фазы он показал почти стопроцентную эффективность при лечении ковида. В России выпускаются и продаются его дженерики Скайвира («Промомед») и Миробивир («Фармсинтез»).

Всё вышеуказанное в этом разделе является личным мнением автора, основанным на публикациях об использовании этих препаратов в нескольких странах мира.

вирусом (кнопки лифтов, поручни, перила, ручки дверей и т. д.). Люди остаются заразными до 20 дней после начала заболевания и могут распространять вирус, даже если у них не развиваются симптомы.

Методы тестирования на ковид

Они направлены на выявление рибонуклеиновой кислоты вируса и включают следующие разновидности: полимеразную цепную реакцию с обратной транскрипцией в реальном времени (ОТ-ПЦР), амплификацию, опосредованную транскрипцией (копированием) РНК, и изотермическую амплификацию либо на основе РНК, либо опосредованную обратной транскрипцией с последующей петлевой амплификацией (RT-LAMP) пробы рибонуклеиновой кислоты из мазка из носоглотки пациента.

Заболеваемость

Данные по заболеваемости после прекращения пандемии постепенно перестали централизованно публиковать многие страны. Но посмотреть и объяснить их полезно. Волны подъема заболеваемости в 2020–2022 годах приблизительно совпадали с появлением и распространением новых вариантов вируса альфа, бета, гамма и появившегося в России в начале января 2022 года омикрона. Появление омикрона вызвало сильный подъем заболеваемости за счет больших изменений в его антигенных свойствах, но практически не вызвало подъема смертности ввиду вакцинирования к тому времени более 50% населения, переболевания значительной его части к тому времени с появлением сильного иммунитета и, несомненно, снижения патогенности этого варианта. С тех пор патогенность / смертность последующих вариантов коронавируса не повышалась, а лишь понижалась. Будет ли так продолжаться дальше, неизвестно. Но то, что имеющийся у населения к коронавирусу иммунитет, полученный как вакцинацией, так и в результате переболевания, снижает и заболеваемость, и смертность от него — несомненно.

«Длинный» ковид

«Длинный» ковид, также известный как постковидное состояние, которое может возникнуть после заражения SARS-CoV-2, вирусом, вызывающим ковид, и присутствует в течение как минимум трех месяцев в виде непрерывного, рецидивирующего и ремиттирующего или прогрессирующего заболевания. Понятие «длинного» ковида будет продолжать уточняться и переоцениваться по мере сбора, анализа и представления данных, а также улучшения нашего понимания этого заболевания. Большинство пациентов, по-видимому, выздоравливают после первоначального острого заболевания ковидом в течение 4 недель, и многие пациенты продолжают выздоравливать в течение 4–12 недель. Иногда бывает трудно отличить симптомы, вызванные «длинным» ковидом, от симптомов, которые возникают по другим причинам. «Длинный» ковид неоднороден и может быть связан с различными патофизиологическими процессами, лежащими в основе заболевания. Возможные причины «длинного» ковида включают в себя:

1. повреждения органов в результате острой фазы инфекции;
2. осложнения, связанные с нарушением регуляции воспалительного процесса;
3. микрососудистую дисфункцию;
4. продолжающееся вирусное размножение внутри организма;
5. аутоиммунные заболевания;
6. неадекватный гуморальный иммунный ответ (антитела).

Факторы риска «длинного» ковида

Исследования показывают, что определенные группы людей более подвержены длительному развитию ковида, в том числе:
женщины;
люди испанского происхождения;
люди, у которых было тяжелое и длительное течение ковида, включая госпитализацию или помещение в отделение интенсивной терапии;
люди с сопутствующими хроническими заболеваниями;
люди, которым не была сделана в 2021–2023 годах прививка от ковида.

Заключение

Коронавирус SARS-CoV-2 за прошедшие 2020–2025 годы эволюционировал со скоростью примерно такой же, как и вирусы гриппа типа А. И это его отличает от других, давно известных коронавирусов человека.
Методы и стратегии профилактики заболевания разработаны, и они эффективно уменьшают риск заражения, что важно для людей из групп повышенного риска. Методы лечения также разработаны, и в аптеках имеются для этого препараты, которые лучше применять по назначению врача. С появлением существенно измененной версии омикрон патогенность его вариантов сильно уменьшилась и не превышает таковой для вирусов гриппа.
Тем не менее не исключена и вероятность повышения когда-нибудь патогенности эволюционирующего вируса, как это иногда уже бывало с вирусами гриппа. Моделировать это методами имитации природной эволюции (Gain of Function Research of Concern, GoFRoC) явно не стоит, хотя сторонники этого направления исследований в мире имеются. А вот наладить и не ослаблять молекулярно-генетический мониторинг за эволюцией наиболее потенциально опасных вирусов человека необходимо. Но пока что в России эти исследования развиты недостаточно, а их результаты до широкой научной общественности доводятся с большим опозданием.

СЕРГЕЙ НЕТЁСОВ, академик РАН, заведующий лабораторией и профессор Новосибирского государственного университета

ВАКЦИНОПРОФИЛАКТИКА

Люди должны следовать национальным рекомендациям по вакцинации и способам защиты от ковида. Вакцины против ковида обеспечивают надежную защиту от серьезных заболеваний, госпитализации и смерти. По состоянию на июнь 2023 года в мире было введено людям более 13 млрд доз вакцины. С момента своего появления вакцины против ковида спасли миллионы жизней по всему миру, обеспечив защиту от тяжелых заболеваний, госпитализации и смерти. Несмотря на то что вакцины защищают от тяжелых заболеваний и смерти, после вакцинации все еще возможно развитие легкой инфекции у вакцинированных и распространение SARS-CoV-2 среди других людей.
Вакцинация против ковида проводится в приоритетных группах, таких как люди в возрасте 60 лет и старше, а также лица с сопутствующими заболеваниями, такими как высокое кровяное давление, диабет, хронические проблемы со здоровьем, иммуносупрессия (включая ВИЧ), ожирение, рак, беременные и непривитые люди. В марте 2023 года ВОЗ обновила свои рекомендации по первичной вакцинации (две дозы любой вакцины), а также по необходимости повторной вакцинации. Эти рекомендации ограничены по времени и могут измениться в любой момент в зависимости от того, как вирус SARS-CoV-2 циркулирует в вашем регионе или стране. Важно быть в курсе местных руководств и рекомендаций, предоставляемых местным органом здравоохранения.
К сожалению, в России прекращена вакцинация против ковида по федеральным программам и прекращен выпуск вакцин. Между тем каждую неделю от ковида в России продолжает умирать 10–15 человек. В масштабах России это вроде бы небольшая цифра — не более тысячи человек в год, или менее 0,1% от общей смертности в год (1,9 млн человек, по данным «Демографического ежегодника России»). Но эта тысяча человек могла бы еще жить. Наверное, тем, кто принимает такие решения насчет вакцин, над этим стоит подумать.

ВИКТОР КОРОТАЕВ

_Вакцинирование не гарантирует от заболевания ковидом, но даже в этом случае значительно снижает его тяжесть

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ПРОФИЛАКТИКИ ЗАРАЖЕНИЯ КОРОНАВИРУСОМ SARS-COV-2 И ДРУГИМИ ОРВИ

Вакцинированные люди иногда все-таки заражаются вирусом, вызывающим ковид, но своевременное использование вакцин против ковида значительно снижает риск серьезного заболевания, госпитализации или смерти от ковида.
Необходимо соблюдать правила гигиены, улучшающие чистоту рук и лица. Во всех помещениях целесообразно принять меры для очистки воздуха пропусканием воздуха через HEPA-фильтры и облучение ультрафиолетом, используя специальные установки.
Если человек все-таки заболеет, ему необходимо соблюдать меры предосторожности для предотвращения распространения инфекции. В таких случаях необходимо оставаться дома и держаться вдали от других людей (включая здоровых людей, с которыми вы живете), если у вас есть респираторные симптомы.
В случае высокой температуры и затрудненного дыхания необходимо незамедлительно обратиться за медицинской помощью для обследования и/или лечения, если есть предпосылки или факторы риска тяжелого заболевания. Лечение может помочь снизить риск развития тяжелого заболевания, но его необходимо начинать в течение первых двух-трех дней после появления симптомов.
Кроме того, существуют дополнительные способы профилактики, которые вы можете выбрать для дополнительной защиты себя и окружающих: а) ношение маски и соблюдение дистанции между собой и окружающими помогают снизить риск передачи ковида; б) тестирование на ковид в случае заболевания ОРЗ может помочь вам решить, что делать дальше, например, пройти лечение, чтобы снизить риск тяжелого заболевания, и предпринять шаги, чтобы снизить распространение инфекции ковида среди других людей.

Тепло больших городов

Главенствующая роль антропогенного фактора в изменении климата не подвергается сомнению подавляющим большинством климатологов. Но одновременно все больше внимания уделяется другим, менее масштабным, но существенным субъектам влияния на процессы, участвующие в формировании климата. Один из таких субъектов — усиление взаимосвязей двух сред: среды крупных мегаполисов и окружающей их среды.

Город — это остров

Сейчас в мире не менее 350 мегаполисов — городов с более чем миллионом жителей, почти треть из них приходится на Китай, 16 — на Россию. Каждый мегаполис в большей или меньшей степени представляет собой «городской остров тепла» — этот термин ввел два века назад британский метеоролог Люк Говард. Городской остров тепла — метеорологическое явление, выраженное в более высокой температуре городского пространства в сравнении с окружающими селами. Разница температур между городом и предместьями, как правило, составляет несколько градусов, иногда даже десять и больше градусов.

Городские острова тепла возникают из-за совокупного действия нескольких факторов. Это и различия в свойствах (в теплоемкости, теплопроводности и альбедо, то есть отражательной способности поверхности) городских бетона и асфальта и сельского грунта; и дефицит испарения (способствует испарению) в городах, и блокирование ветра высотными зданиями (препятствует выравниванию температур).

И конечно, это первоисточники тепла. Можно выделить два основных типа такого первоисточника: естественный (нагрев за счет солнечной энергии) и антропогенный (тепло, попадающее в атмосферу при отоплении жилых и офисных помещений, работе промышленных предприятий и транспорта и пр.). Преобладание того или иного типа для каждого города, очевидно, определяется главным образом его географическим положением: естественный характерен для южных городов, антропогенный — для высоких широт, в умеренных же широтах, где заметную роль играет сезонный ход, упомянутые типы сменяют друг друга.

Мнения ученых о влиянии городских островов тепла на климат крайне разноречивы: от пренебрежимо малого до утверждений, будто «города меняют климат на площади в 2–4 раза большей, чем их собственная», и даже — что городские острова «способствуют потеплению климата примерно на 30%»!

Удивляться такому разбросу оценок едва ли стоит — сделаны они на очень скудном фактическом материале. Накопление информации на местах с последующим ее обобщением должно стать надежной основой дальнейших исследований. На ближайшее время это, пожалуй, главное в изучении влияния городских островов тепла на климат и здоровье людей.

Как быть с теплом

Что не исключает необходимости исследовать другие аспекты этого природно-антропогенного феномена. Так же, как и принимать меры для устранения или смягчения его нежелательных последствий.

Существуют рекомендации по организации таких мер. Среди них:

а) использование белых или отражающих материалов при строительстве домов, крыш, тротуаров и дорог, что увеличивает общее альбедо города (чем светлее поверхность, тем больше энергии она отражает, чем темнее, тем больше поглощает);

б) озеленение городов (преимущественно лиственными деревьями): увеличение древесного и растительного покрова снижает температуру, обеспечивая тень и охлаждение за счет испарения воды в атмосферу; деревья и растительность также могут уменьшить сток ливневых вод и защитить почву от эрозии; кроме того, качество воздуха улучшается по мере того, как растения поглощают углекислый газ с одновременным производством кислорода;

в) разумное планирование городов: рост площадей городских парков и рекреационных зон, пропорциональный росту площадей урбанизированных территорий, способствует защите природной среды и др.

Обсуждается использование воздушных тепловых насосов, которые могут забирать тепло из воздуха снаружи здания и отдавать его внутрь при обогреве или перемещать из помещения на улицу при охлаждении.

Прикладываются также усилия к «индивидуальной защите» населения, например, разработан текстиль для радиационного охлаждения и защиты от городских островов тепла.

Нетрудно заметить, что реализация перечисленных рекомендаций наиболее эффективна для ослабления действия естественного солнечного излучения, то есть годится в дело преимущественно в южных городах.

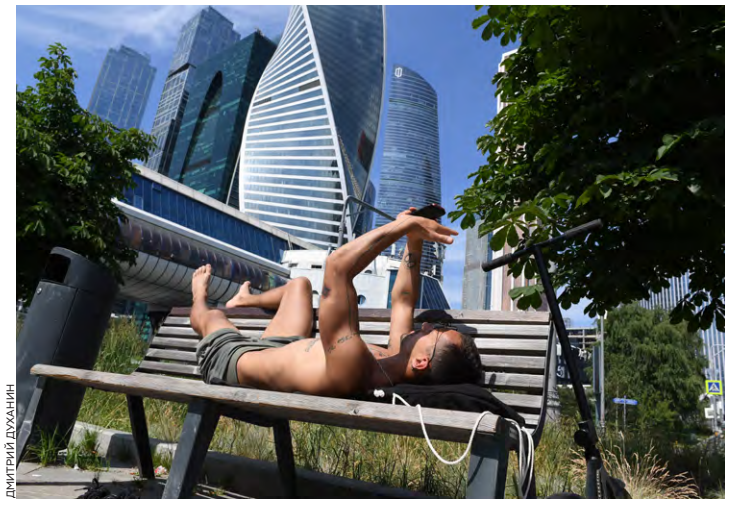
Считаем утечки

Но Россия страна северная, как сказал поэт — «у ней особенная стать». Для нее куда актуальнее антропогенный тип источника тепла.

Оценить количество антропогенного тепла, которое город «дарит» атмосфере, очень непростая задача. Для начала надо дискретно рассчитать антропогенный поток тепла от каждого здания в данный момент времени и за весь отопительный сезон — а поток зависит от количества поданного в здание тепла, высотности здания и его объема, свойств использованных при строительстве материалов, потерь при вентиляции, назначения здания и т. д. Затем суммировать утечки тепла от каждого из городских строений и добавить оценку потерь тепла при использовании различных подземных магистралей — от водоснабжения до метрополитена.

Абсолютно точно учесть в расчетах все вышеперечисленное вряд ли возможно. Приходится пользоваться типовыми методиками, основанными на официальных нормативных документах (строительных нормативах и правилах (СНиП), Межгосударственном стандарте и др.), в которых указаны средние значения.

С одной стороны, такой подход значительно упрощает расчеты, с другой — он, очевидно, становится причиной больших погрешностей в них, раз всякая груп-



Дмитрий Духанин

_Оценки влияния городского тепла на климат пока весьма разноречивы

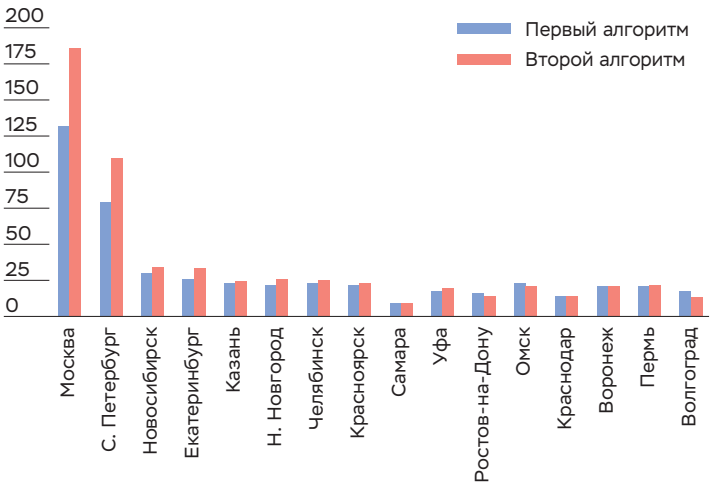


Рис. 1. Энергия (ПДж, 1 ПДж = 1015 Дж), выделяемая за отопительный период в российских городах с численностью населения, превосходящей 1 млн. человек, рассчитанная по первому (синий цвет) и второму (красный цвет) алгоритмам при температуре наружного воздуха, равной средней температуре в течение отопительного сезона.

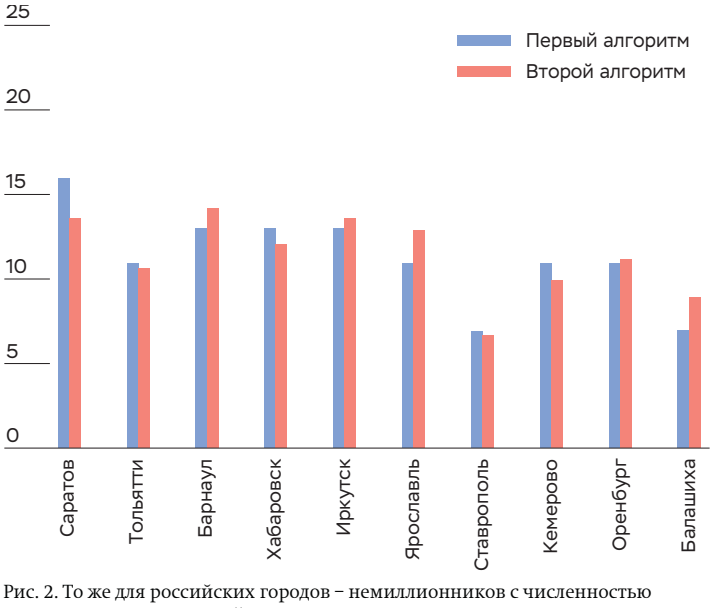


Рис. 2. То же для российских городов – немиллионников с численностью населения, превосходящей 500 тыс. человек.

па строений оказывается «постриженной под одну гребенку» без учета индивидуальных особенностей.

Специалисты Главной геофизической обсерватории и Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета разработали два алгоритма, позволяющих вычислять городские антропогенные потоки тепла.

Первый из них основан на учете площадей ограждающих конструкций (стен, чердачных перекрытий и перекрытий над неотапливаемыми подпольями и пр.) здания. По этому алгоритму антропогенный поток тепла здания определяется как произведение разности температур внутри и снаружи здания, площади ограждающих конструкций и коэффициента, численно характеризующего их теплопередачу; затем потоки от всех городских строений суммируются.

Второй алгоритм построен на том соображении, что удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения, принимаемого в зависимости от отапливаемого объема здания и градусо-суток отопительного периода в регионе.

Вычисляются отапливаемые объемы зданий и оценивается суммарный поток тепла, создаваемый этими объемами в масштабах города.

Зависимость антропогенного потока тепла от численности населения очевидна: там, где больше жителей, больше и число жилых и производственных помещений.

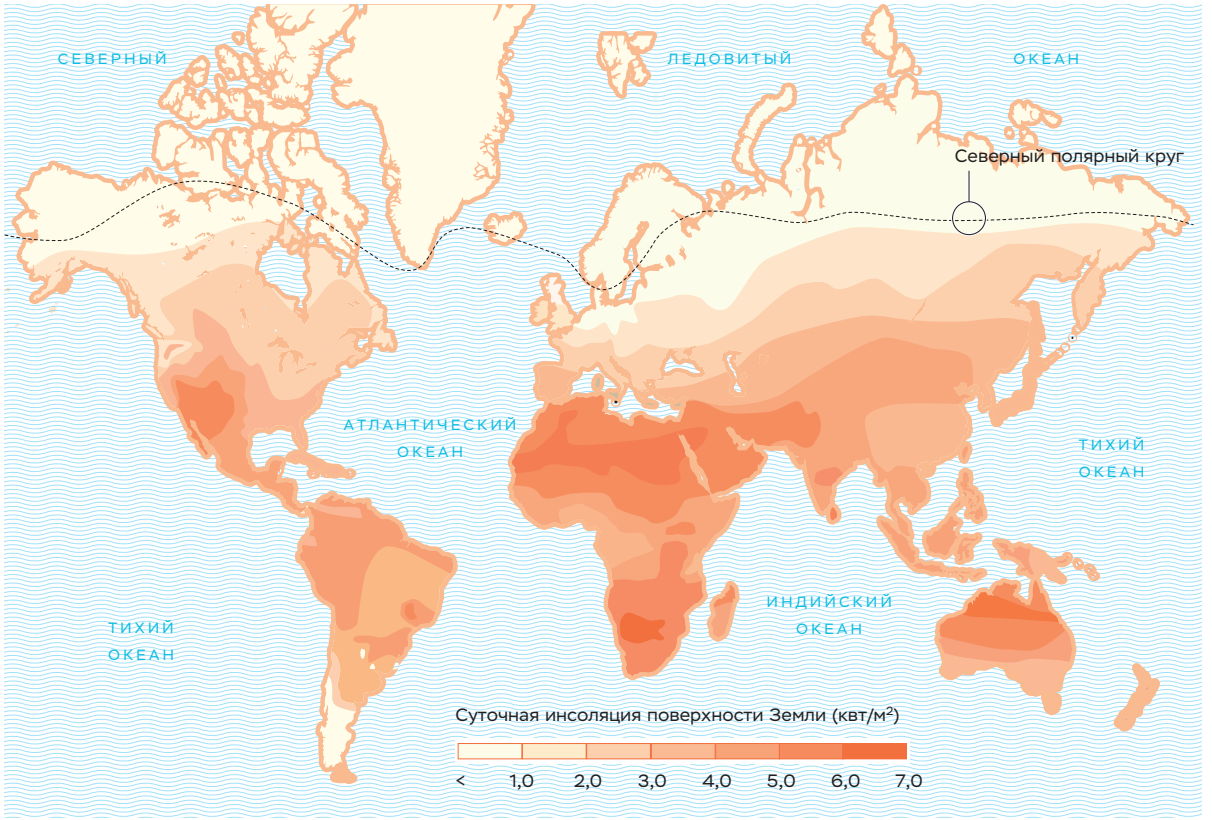
Другая лежащая на поверхности связь — местоположение города: на российском юге потребности в обогреве значительно скромнее, к тому же отопительный сезон много короче. Как следствие, наименьшие антропогенные потоки тепла присущи городам, находящимся ниже 45° северной широты,— Ростову-на-Дону и Краснодару (города-миллионники), Ставрополю, Севастополю, Махачкале.

Оценки, полученные при втором подходе, чаще оказывались больше, чем в первом; максимальное расхождение — в крупнейших мегаполисах, Москве и Санкт-Петербурге,— около 40%. Для большинства городов разница между двумя подходами составляла ±10–15%, а знак в ней определялся главным образом местными особенностями градостроительства — характерной высотностью зданий, плотностью застройки и пр.

Солнце против батареи

Теперь сопоставим антропогенные потоки тепла пяти крупнейших городов России с количеством солнечной радиации (инсоляции), получаемой каждым из них в течение холодного полугодия (см. таблицу).

Оценка грубая, но позволяет получить качественное представление об антропогенном вкладе в тепловой баланс городов: он соизмерим с солнечным. Четыре города из пяти в таблице расположены приблизительно на одной широте (55–56° с. ш.), поэтому на каждый квадратный метр их территории приходится примерно одинаковый поток солнечной радиации, а разница в суммарной инсоляции для каждого города определяется главным образом его площадью. Самый северный город — Санкт-Петербург — занимает второе место по величине получаемой суммарной инсоляции также благодаря относительно большой площади территории, хотя на каждый ее квадратный метр приходится существенно меньший поток солнечного излучения.



ТРИ ПРОЦЕНТА ИЗ ГОРОДОВ

По оценкам ежегодного BP Statistical Review of World Energy, в глобальном масштабе эффект городских антропогенных потоков энергии от сжигания топлива, слабо меняясь год от года, не превышает 0,1 Вт/м2. Для сравнения: вызывающее глобальное потепление нарушение глобального радиационного баланса, обусловленное эмиссией парниковых газов, в 2022 году оценивалось в 2,91 Вт/м2 (Forster P.M. et al. Indicators of Global Climate Change 2022: annual update of large-scale indicators of the state of the climate system and human influence. Earth System Science Data, v. 15, issue 6, pp. 2295–2327, 2023, https://essd.copernicus.org/articles/15/2295/2023/): таким образом, глобальная доля городских островов тепла в нем составляла не более 3,4%.

Таким образом, локальный вклад антропогенного потока тепла в формирование городского микроклимата, по всей видимости, весьма значителен.

А что же в большем, общероссийском и общемировом масштабе? Здесь в качестве небесспорного, во многом формального «эталона» для сравнения использована полугодовая выработка электроэнергии всеми электростанциями ЕЭС России в 2023 году.

Если сложить все приведенные на рис. 1 и 2 величины, получится суммарный поток антропогенного тепла, производимый крупными российскими городами в течение одного отопительного сезона. Остается вычислить отношение этого суммарного потока антропогенного тепла к вышеуказанному «эталону»: энергия, идущая на обогрев городской атмосферы, составляет лишь 0,04% и 0,05% (в первом и втором подходах, соответственно) от российской выработки электроэнергии за полгода.

Напрашивается вывод, что потоки антропогенного тепла сказываются на окружающей среде и климате в региональном масштабе, но едва ли играют заметную роль в формировании глобального климата.

Правила сложения

Но этот вывод не дает повода для благостных настроений. В грубом приближении вклад городского антропогенного потока тепла в поясе севернее 45-го градуса в общемировой картине формируется главным образом на российской территории — из крупных иностранных мегаполисов на широте 45° находятся лишь канадский Монреаль и китайский Харбин,— а этот вклад, как показано выше, пока невелик. Однако с городскими островами тепла, образующимися под действием солнечной радиации, ситуация иная. Более трехсот мегаполисов расположены южнее по отношению к территории нашей страны, а значит, получают больше солнечной радиации, чем российские (см. рисунок), многие из них, в отсутствие сезонных изменений,— круглогодично. Оценка величины источаемого каждым мегаполисом потока тепла — отдельная история: помимо покрытий поверхности, площади зеленых зон требуют учета рельеф местности, крупные водоемы, конфигурация застройки и пр.

В любом случае, легко предположить, что российская лепта в суммарный глобальный эффект в этом случае едва ли окажется значительной. Но это не значит, что не нужны исследования. Для целостной картины предстоит объединить результаты моделирования антропогенных и естественных потоков тепла в наших мегаполисах, чтобы создавать устойчивые городские экосистемы, способных решать сложные проблемы, вызванные изменением климата и возросшей городской жарой.

АНДРЕЙ КИСЕЛЕВ, кандидат физико-математических наук,
Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова;
ВИКТОР ФРОЛЬКИС, кандидат физико-математических наук,
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

ТАБЛИЦА. ОТНОШЕНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ПОТОКА ТЕПЛА, ОЦЕНЕННОГО В ДВУХ ПОДХОДАХ, К ИНСОЛЯЦИИ (%) ДЛЯ ПЯТИ КРУПНЕЙШИХ РОССИЙСКИХ ГОРОДОВ В ХОЛОДНОЕ ПОЛУГОДИЕ

Город	Площадь территории (106 м2)	Инсоляция* (ПДж)	Антропогенный поток тепла (ПДж)		Отношение антропогенного потока тепла к инсоляции (%)	
			Подход 1	Подход 2	Подход 1	Подход 2
Москва	307,34	223,7	132	186	59	83
Санкт-Петербург	200,23	86,3	79	110	91,5	127
Новосибирск	54,99	49,7	30	34	60,4	67,7
Екатеринбург	56,72	45,3	26	34	57,4	74,2
Казань	43,36	27,5	23	24	83,5	86,4

** По данным сайта https://khd2.narod.ru/gratis/insolate.htm#MOSCOW*

Суборбитальная авиация: новый формат полетов

Гиперзвуковые полеты могут соединяться с суборбитальным космосом в единое целое, создавая новую область авиации.

Появление реактивной авиации расширило область полетов, подняв их в стратосферу. Гиперзвуковые самолеты смогут выйти не только за стратосферу, но и за саму атмосферу. Авиация за атмосферой звучит явным противоречием. Тем не менее такой формат авиаперелетов не только возможен, но и рационален. Он может появиться уже через 15–20 лет.

На стыке аэродинамики с баллистикой

Самолет — конструкция аэродинамическая и выполняет аэродинамические полеты. Что это означает?

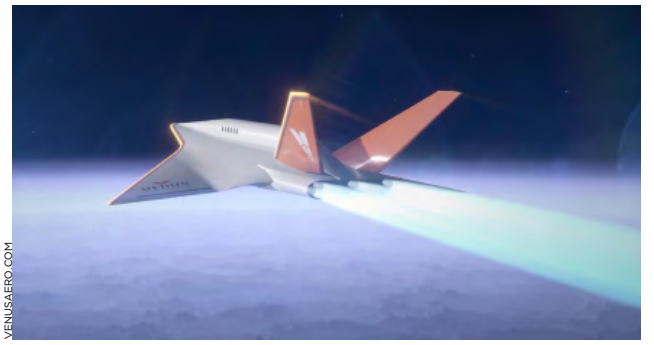
Аэродинамикой зовется царство сил, возникающих при обтекании тела воздушной средой. Чем быстрее движение и обтекание (например, крыла самолета), тем больше аэродинамические силы. Вырастая со скоростью, они соперничают с силой гравитации Земли и держат самолет в воздухе, не давая ему упасть. Аэродинамическая подъемная сила формирует полет самолета и его геометрию. На этом построена авиация, занимающая огромную часть необъятного царства воздушного движения.

Баллистическим зовут свободное движение тела под действием силы гравитационного поля, она же сила тяготения. Так летит предмет, брошенный баллистой — античной метательной установкой. Он испытывает и тормозящую силу воздушной среды — аэродинамическое сопротивление. Поэтому в классической, «базовой» баллистике действуют две силы: гравитационная и аэродинамического сопротивления, или сила поля и сила среды.

А в «неклассической»? В общем случае баллистика работает с любым комплексом сил, где преобладает и главенствует гравитационная сила. Например, орбитальная баллистика учитывает добавки движения от сил давления света Солнца или магнитного поля Земли. И пока добавки будут невелики в сравнении с действием гравитационной силы, движение останется баллистическим. Воздушная среда может создавать не только силу сопротивления, но и аэродинамическую подъемную силу, в разы большую силы тяготения. Тогда полет из баллистического становится аэродинамическим. Так летят самолеты и другие летательные аппараты, чью траекторию движения создает подъемная сила. Любой горизонтальный полет самолета, от полета по прямой до виража, или разворот с набором высоты и мертвая петля создаются именно подъемной силой.

Но самолет может лететь и баллистически, под действием главным образом силы тяготения. Это крутые и вертикальные пикирования. Или горки в форме параболы. Подъемная сила на них обнуляется летчиками (они выдерживают угол атаки с нулевой подъемной силой), а сопротивление воздуха компенсируется тягой двигателей.

На такой параболе на борту наступает невесомость, «включаясь» с началом подъема по параболе и продолжаясь на всем протяжении. Так тренируют будущих космонавтов на специальном самолете Ил-76МДК. Его параболические полеты длятся по 25–30 секунд. Невесомость, охватывающая участников на борту, говорит об их движении по чисто баллистической траектории свободного падения.


VENUSAERO.COM

_Пассажирский гиперзвуковой самолет Stargazer со скоростью полёта M=9 (значение числа Маха) компании Venus Aerospace

РОСКОСМОС МЕДИА / ТАСС

_Ил-76МДК Центра подготовки космонавтов Роскосмоса

МИХАИЛ КУХТАРЕВ / РИА НОВОСТИ

_Сверхзвуковой высотный истребитель Су-9 на стоянке

HERMEUS

_Halcyon — гиперзвуковой пассажирский самолет, разрабатываемый американской компанией Hermeus

Если на такой горке самолет поддержит небольшая подъемная сила, его траектория станет полубаллистической, полуаэродинамической. Такие траектории называют аэробаллистическими. По ним летят боевые аэробаллистические ракеты, увеличивая аэродинамикой высоту и дальность полета по баллистической траектории. И превращая ее в растянутую дугообразную фигуру.

Вершина динамического потолка

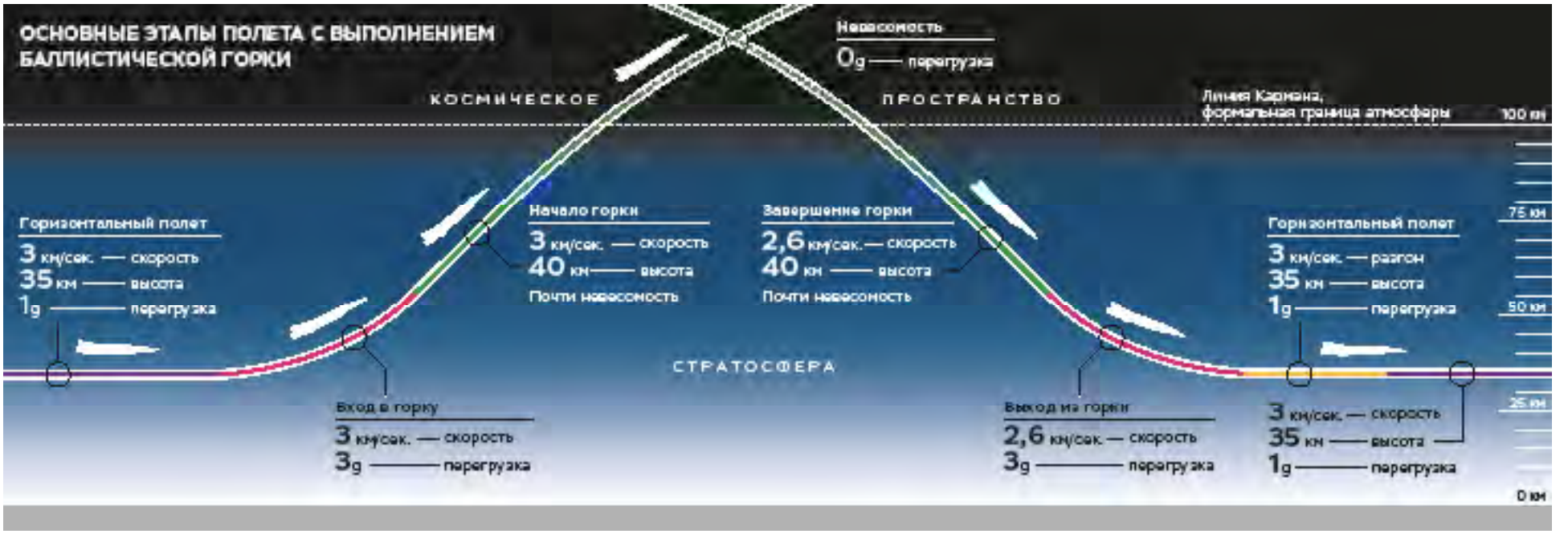
Аэробаллистические горки давно знакомы в авиации. Истребители разгоняются на большой высоте и переходят в крутой подъем, таким образом выходя на свой динамический потолок. Это самая высокая точка, до которой может подняться самолет. Там он не держится и проваливается вниз: сила тяготения преобладает над подъемной силой, слабой от высотного разрежения воздуха.

Динамический потолок можно использовать для перехвата целей (например, высотных крылатых ракет), идущих в средней стратосфере выше боевого потолка истребителя. Боевой потолок — предельная высота, на которой самолет может лететь горизонтально с креном, нужным для доворота на цель и сближения с ней до условий пуска ракет. А если цель идет значительно выше? Поднявшись на динамический потолок, истребитель может запустить оттуда ракету по цели, только что прошедшей еще выше над ним. Тогда цель окажется в поле зрения головки самонаведения (она захватит цель) и в дальности поражения ракетой. Сложатся условия для пуска ракеты и поражения цели.

Первые похожие полеты получались из-за невыхода на сверхзвук самолетов Су-9. Ситуации возникали на первом этапе освоения первых высотных сверхзвуковых истребителей Су-9 при перехвате высотных целей.

У летчиков не было опыта полетов в стратосферу, знания профиля высотного полета и правильного выхода на сверхзвуковой режим. Не сделав необходимого для выхода на сверхзвук горизонтального разгона на высоте 10 км, летчики с самого взлета продолжали непрерывный набор высоты на форсаже. Форсажной тяги не хватало для разгона на сверхзвук одновременно с крутым подъемом. Сверхзвуковой режим не достигался, под небольшим треугольным крылом Су-9 не возникала зона сверхзвукового сжатия потока, своим давлением держащая самолет в воздухе в стратосфере. И истребители, сделав в стратосфере горку на дозвуковом режиме, проваливались вниз, не достигая своего боевого потолка.

Но полет на динамический потолок никогда не использовался как основной способ передвижения. Потому что величина аэробаллистической кривой самолета составляет километры по вертикали и десяток-другой километров по горизонтали. Для большой дальности «прыжка» нужна и более высокая скорость; быстрота сверхзвуковых самолетов может оказаться недостаточной.



Горка в тысячу километров

Кривая такого масштаба уже не будет аэробаллистической в обычном смысле, формируемой одновременно двумя началами — баллистикой и аэродинамикой. Изгиб траектории вверх на входе в горку сделает аэродинамическая подъемная сила. Она же добавит вертикальной скорости с началом набора высоты.

Но лишь до тех пор, пока атмосфера сможет создавать эту силу. За границей стратосферы (55 км высоты) и плотность воздуха, и аэродинамические силы станут исчезающе малы. Дальше начнется чисто баллистический участок горки. И он будет основным для всей фигуры, во много раз большим, чем начальный и конечный аэробаллистические участки. И чем больше фигура, тем она будет более баллистической. А значит, и форма этой главной части будет чертиться только гравитационным полем.

Масштаб в 1000 км по горизонтали лежит на границе двух физических моделей гравитационного поля. Меньше него кривизной Земли пренебрегают; ее поверхность плоская, а поле тяготения сложено параллельными силовыми линиями. В большем масштабе уже сказывается кривизна Земли, поле тяготения становится центральным, а движение в нем — обращением вокруг центра поля.

Какая скорость нужна для начала горки тысячекилометровой дальности? Посмотрим на ракетную баллистику, где дальность точки падения получается из скорости начала свободного полета. Конечно, при соблюдении оптимального наклона начала траектории (угла над горизонтом).

Для плоской Земли и «плоскопараллельного» гравитационного поля угол бросания на наибольшую дальность составляет 45°. Для дальности 1000 км нужна скорость «броска» около 3000 м/с. Это примерное значение, поскольку высота начала горки может быть разной. На высоте 35 км скорость звука — 308,6 м/с. Значит, значение числа Маха для 3000 м/с будет M=9,7, округленно M=10.

Какая форма будет у нашей горки, к какой кривой ее отнести? Это не классическая парабола для пустоты и «плоского» поля тяготения. Уже чувствуя центральность поля, она слегка изогнется в кусок орбитального эллипса. Также она не будет и дугой в строгом смысле или частью окружности. Назовем эту траекторию просто баллистической горкой, не относя в точности ни к параболе, ни к дуге, ни к части эллипса. Ее высота достигнет 280–300 км; две трети ее пройдут выше 100 км, то есть в космическом пространстве. Это суборбитальная траектория.

Плюсы суборбитальной горки

Преимуществ баллистической кривой как транспортного пути несколько.

Первое: в заатмосферной «чистой баллистике» нет потерь энергии, с набором высоты скорость снижается, уменьшая кинетическую энергию. Но зато растет потенциальная энергия в гравитационном поле, и полная энергия тела остается неизменной. При снижении потенциальная энергия снова переходит в кинетическую, и скорость восстанавливается до начальной.

Самолет вернется в верхнюю стратосферу с той же скоростью, с какой покинул ее в начале дуги. Почти: за вычетом небольшой части скорости, которую «съест» атмосфера за стратосферой. И это будет намного экономичнее, чем «кормить атмосферу» топливом весь полет, как обычные самолеты. Налицо экономия топлива и износа самолета в атмосферных нагрузках.

Второе: суборбитальный путь лежит намного выше всех погодных явлений. Не нужно обходить грозовые массивы, увеличивая время полета, и добавочно расходовать топливо. Впрочем, это верно и для гиперзвуковых высот.

Третье: баллистический полет пройдет выше границ национальных воздушных пространств. Ему не нужны разрешения стран, как и спутникам, идущим на этих же высотах.

Наконец, четвертое: суборбитальная горка в разы быстрее обычного авиаперелета. Ее короткое время будет, возможно, главным преимуществом.

Чем обеспечить быстроту

Именно высокая скорость сделает реальной суборбитальную горку — вернее, сформирует ее вместе с тяготением. Как уже отмечено, сверхзвука недостаточно. Тут потребуется гиперзвуковая скорость, и для больших дальностей не нижняя граница гиперзвука с M=5, а значение M побольше. Для экономичного полета на таком режиме нужны гиперзвуковые прямоточные воздушно-реактивные двигатели — ГПВРД. Мы рассказывали о них в прошлом выпуске в материале «Прямоточные двигатели будущего».

Их прогресс сегодня идет в ряде направлений. Одни связаны с физикой работы. Просчитываются двигатели с меняющей форму проточной частью. Они смогут подстраивать свою работу под разные режимы полета. Стабильность горения ищут в наклонной несильной детонационной волне, идущей от выступа на стенке канала. Положение такой волны в камере сгорания стабильно, а сжигание в ней горючего даст энергию для полета. Отметим и горение во вращающейся детонационной волне, и способы создания топливной смеси.

Вторая группа возможных прорывов лежит в управлении работой ГПВРД. Это мгновенное, без обычной для датчиков давления задержки получение данных из потока в двигателе. Оно использует оптический канал, анализ спектра излучения зоны горения или модуляцию лазерного луча, идущего через нее. Другая тема — верные прогнозы горения через текущие наблюдения. Для этого привлекают нейросетевые технологии обработки данных. Прогнозы позволяют быстрее реагировать, а значит, точнее управлять горением при обычных для ГПВРД неравновесных состояниях и большой доле переходных процессов.

Такие разработки приближают создание серийных ГПВРД и гиперзвуковых самолетов. С ними станет возможно не только гиперзвуковое движение в атмосфере, но и более сложно организованные формы полета.

Аэрокосмические покатушки

Гиперзвуковой самолет летит на высоте 35 км со скоростью M=10, около 3 км/с. Он пройдет 1000 км за пять с половиной минут, непрерывно сжигая топливо и испытывая комплексную нагрузку на конструкцию: тепловую, силовую и вибрационную. Глубоко внизу раскинулась атмосфера; ее погодные явления блестят снизу яркой белесой пленкой.

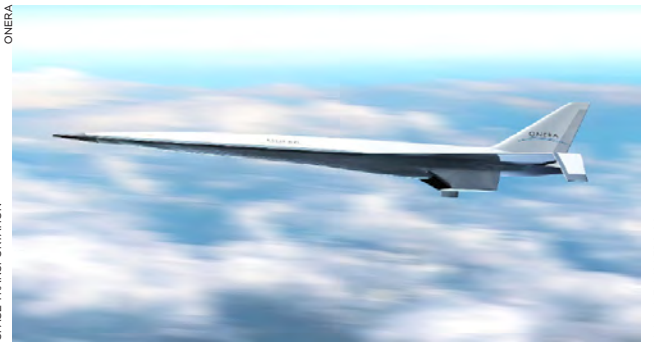
Аппарат мчится как стремительные сани по мягкому снегу, уплотняя его и опираясь на это уплотнение. И поэтому не проваливаясь в снег. Если снежинки заменить на молекулы газов атмосферы, картина будет той же. Гиперзвуковое сжатие снизу аппарата уплотняет встречный воздух и повышает его давление. На это уплотнение можно опереться. Сжатый воздух давит на аппарат снизу вверх, и в этом суть и природа гиперзвуковой подъемной силы.

Вместо того чтобы лететь так дальше, самолет задрал нос выше горизонта. Сжатие встречного потока усилилось выросшим углом атаки; давление вверх намного выросло. Оно увеличило вертикальную перегрузку и потащило самолет вверх. Перегрузка не более 3g переносилась без труда, будучи скорее развлечением, чем проблемой. Она давила недолго, секунд 15–20. Траектория за это время плавно задралась кверху, до крутизны 45° к горизонту.

Здесь путь самолета распрямился, наклонно и ровно уходя в черноту неба. Резко погасли огни сопел, словно звездочки форсажа истребителя в небе после взлета. Двигатели выключились, и самолет пошел вверх в свободном полете. Слабая продольная перегрузка торможения остатками атмосферы тянула от хвоста к кабине. К сотне километров высоты она незаметно перешла в невесомость.

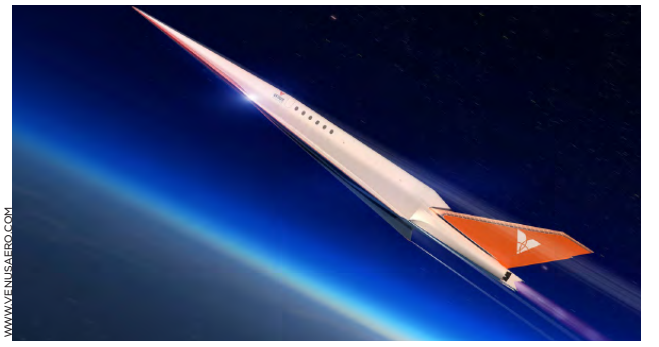
SPACE TRANSPORTATION

_Изображение проектируемого сверхзвукового пассажирского самолёта Yunxing китайской компании Space Transportation с крейсерской скоростью 4900 км/ч, или 1360 м/с



ONERA

_Гиперзвуковой самолёт, разрабатываемый, французским государственным агентством оборонных исследований ONERA



WWW.VENUSAERO.COM

_Проектируемый пассажирский гиперзвуковой самолет Stargazer компании Venus Aerospace со скоростью полёта в 9 раз быстрее звука

Задрав путь на 45° к горизонту, самолет замедлил движение точки под собой на поверхности Земли. Пространственная скорость полета 3000 м/с отразилась на поверхности Земли с косинусом 45°, умножаясь на 0,71 и составляя 2130 м/с. Время перемещения на 1000 км по земной поверхности выросло до почти восьми минут.

И эти минуты не сжигали топлива и не нагружали самолет силами, нагревами и вибрациями. Постепенно «съелась» гравитацией вертикальная составляющая скорости, что означало выход в верхнюю точку огромной баллистической горки. В ней скорость самолета стала чисто горизонтальной, равняясь тем самым 2130 м/с. Низкоорбитальные спутники стремительно проносились сейчас лишь немного выше.

Гравитационное поле планеты, обнулив вертикальную скорость, с этого момента начало возвращать ее столько же, сколько брало. Поле не оставляет себе ничего от взятой скорости, в отличие от среды. Оно отдает обратно все, не зная потерь. Скорость росла по мере снижения, в конце горки вернувшись к почти исходному значению. Возможно, к 2600–2800 м/с, ведь остатки атмосферы внизу пути все равно проявились и забрали свою дань небольшим торможением.

Двигатели включились одновременно с началом выхода из наклонного пикирования. Запуск двигателя при входе в плотные слои воздуха с баллистической траектории не проблема. Не зря с него начинали еще на заре работ с ГПВРД на австралийском полигоне Вумера, делая первые запуски гиперзвукового двигателя в свободном вертикальном падении с космической высоты. Перегрузка снова не превысила дружелюбные 3g, выгибая пикирование до перехода в горизонтальный полет. Выйдя в горизонт, самолет на полной тяге двигателей разогнался до базовых 3000 м/с. Восстановив скорость, он пошел дальше, готовый к новому суборбитальному прыжку.

Пассажиры большой дуги

Ради самочувствия пассажиров перегрузку стоит ограничить значением 3–4 g и временем в 15–20 секунд. Физиологически действие такой перегрузки не будет трудным и не оставит последствий в организме здорового взрослого человека. Но она может задать ограничения для людей с нарушенным здоровьем.

Величину перегрузки можно снизить, растянув время ее действия. Тогда изгиб траектории будет более долгим и плавным. Здесь нужны расчеты по динамике полета и выбор решений из множества вариантов. Оптимизация перегрузки при входе в суборбитальную горку и выходе из нее будет многосторонним решением: и снижающим нагрузки на конструкцию (значит, требования прочности и массу самолета), и влияющим на допуск пассажиров к полетам по здоровью.

Важно будет и число суборбитальных горок за один полет, из которого определится количество воздействий перегрузки, по два раза за каждую дугу. А что если заменить последовательные горки одной общей? Для этого требуется еще большая скорость полета. Для дальности 2000 км нужна начальная скорость уровня 4 км/с, или M=13, а для 3000 км необходимо примерно 5,2 км/с, значение числа Маха приблизится к M=17.

Достичь таких значений числа Маха намного труднее, чем 10. Каждая добавочная единица M — это решение возросших трудностей управления двигателем, рост силовых и тепловых нагрузок на конструкцию самолета. А также и рост перегрузок на входе и выходе из горки, по силе или длительности. Высота горки начнет вторгаться в область низких орбит спутников с риском столкновений. Поэтому вероятнее серия суборбитальных горок в одном полете: то, что позволяет скорость 3000 м/с и перегрузка 3g.

Невесомость тоже не всегда подарок для пассажиров: головокружение и тошнота, прилив крови к голове, чувство падения в пропасть и переворота «вверх ногами», дискомфорт в желудке и кишечнике et cetera. Негативные ощущения развиваются индивидуально, с разной силой и на разных минутах невесомости; у одних их не будет, у других проявятся целым букетом. У автора при полетах на невесомость на пару десятков секунд дискомфорта не возникало. Но несколько минут могут сказаться плохо на ком-то из пассажиров.

К трудностям использования гигиенических пакетов в невесомости добавится дрейф всех незакрепленных предметов. Из карманов и незастегнутых сумочек может выплыть и улететь содержимое. Фиксация пассажиров в креслах будет дополняться невозможностью привычного пользования туалетом, даже если до него и удалось бы добраться. У невесомости больше специфических моментов, чем у перегрузки; и то и другое придется отрабатывать в подробных регламентах для пассажиров.

Военные задачи

На сочетании специальной аэродинамики самолета, гиперзвукового режима полета и баллистической траектории может возникнуть суборбитальная авиация. Ее самолеты будут летать по огромным горкам, используя их как базовую фигуру движения. Для чего может пригодиться такой формат полета? Скоростная доставка людей актуальна и в пассажирских перевозках, и при переброске военных. Возможно, потребуется и быстрая заброска срочных военных грузов.

В боевом отношении суборбитальные горки тоже интересны. Да, с постоянным сжиганием топлива в атмосферном гиперзвуковом полете прилететь можно в полтора раза быстрее, чем по высокой дуге. С другой стороны, падение к району цели с большой космической высоты затруднит перехват самолета в пути.

Большая экономия работы двигателя даст еще одно преимущество — выросшую в разы дальность при том же запасе топлива. Это очевидное преимущество важно для дальней и стратегической боевой авиации. А несколько суборбитальных горок позволят выполнить задачи в разных районах за один вылет.

Для боевой задачи важно еще одно свойство. Для баллистической ракеты, запускаемой на 1000 км, ошибка точки входа в атмосферу в 2–3 км критична: с таким отклонением цель не будет поражена. Гиперзвуковой самолет легко исправит такое географическое отклонение, накопившееся на суборбитальной горке. Для этого он выполнит не только разворот горки в горизонт, но и одновременный доворот по горизонту (по курсу) на цель. И следующая пара секунд полета приведет самолет в точку назначения.

Сегодняшние предпосылки

Предпосылки для суборбитальной авиации возникают уже сегодня. Техасская компания Venus Aerospace проектирует пассажирский гиперзвуковой самолет Stargazer с перспективным ГПВРД VDR2 с вращающейся детонационной волной. По заявлениям компании, самолет сможет лететь со скоростью M=9. Это звучит весьма новаторски, и компания уже привлекла в проект около $53 млн.

А согласно британской Times, Управление гражданской авиации Великобритании изучает влияние суборбитальных полетов на организм человека. В публикации журнала Aerospace Medicine and Human Performance говорится, что большинство людей справятся с перегрузками во время суборбитальных полетов, хотя могут возникать «потенциально проблемные физиологические реакции». «Коммерческие суборбитальные полеты теперь доступны для туризма и научных исследований. В конечном итоге ожидается, что они превратятся в чрезвычайно быстрые путешествия из точки старта в пункт назначения — например, из Лондона в Сидней менее чем за два часа»,— говорится в статье. Сегодня перелет из Лондона в Сидней занимает около 22 часов.

Доктор Райан Андертон, медицинский руководитель отдела космических полетов Управления гражданской авиации, заявил Times, что «это явно не научная фантастика и произойдет гораздо раньше, чем люди думают... определенно менее чем через десять лет». Не будем оценивать оптимизм срока в десять лет, но отметим, что пилотируемые суборбитальные кривые большой длины прорабатываются специалистами.

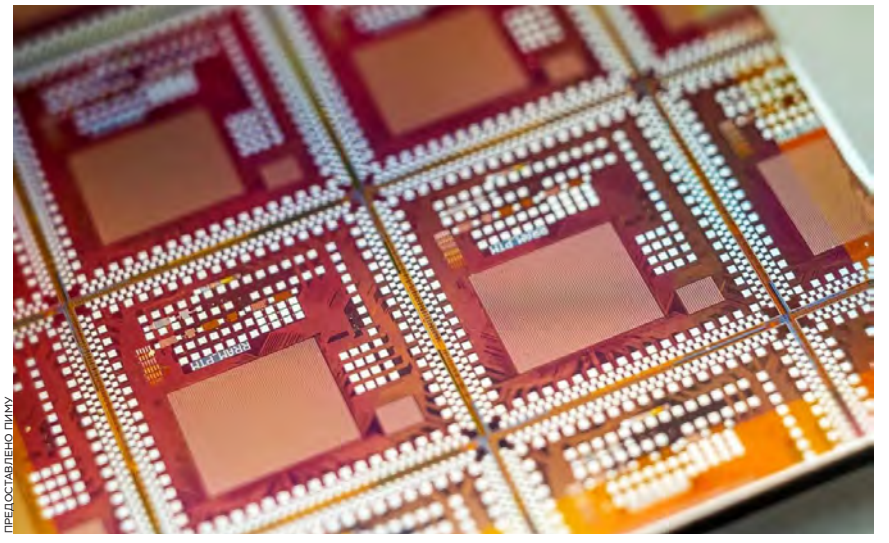
Формат полета в виде суборбитальных горок, описанный здесь, станет возможным с появлением мощных гиперзвуковых двигателей и самолетов на их основе. Если такие полеты станут типовыми для специализированных гиперзвуковых самолетов, можно говорить о появлении суборбитальной авиации. Ее преимущества не исчерпываются набором, затронутым в этой статье. Прочие возможности суборбитальной авиации будут зависеть от конструктивных схем самолетов и их конкретных характеристик. Сроки первых пассажирских полетов суборбитальной авиации вряд ли поддаются сегодня точному и верному прогнозированию. Но начало пути к ним уже пройдено.

НИКОЛАЙ ЦЫГИКАЛО,
академик Российской инженерной академии

Заплатка для мозга

Ученые Приволжского исследовательского медицинского университета (ПИМУ) показали, что искусственно выращенные клетки головного мозга реагируют на импульсы друг друга. Сейчас идет важный эксперимент: какова чувствительность искусственных нейронов к токсичным веществам.

Лаборатория нейроинженерии и Лаборатория стохастических мультистабильных систем ННГУ им. Лобачевского работают над сопряжением живой нейронной сети и неживых мемристивных устройств. Мемристоры — это система аналоговых элементов с памятью, которая может имитировать функции живых нейронов и синапсов и служить как аналоговой системой обработки информации с нейроноподобной структурой, так и датчиком электрофизиологической активности живых тканей с возможностью одновременного накопления и энергонезависимого хранения информации.



ПРЕДОСТАВЛЕНО ПИМУ

_Мультиэлектродные матрицы регистрируют импульсы лабораторных нейросетей

Наномозг на микроблюдечке

Эксперименты в нейробиологии с целью доказать жизнеспособность искусственных нейронов и наличие у них тех же функций, что у настоящих, нижегородские ученые начали еще в 2010 году. Тогда они начали разрабатывать мультиэлектродную матрицу (Multielectrode Arrays, или MEA система), фиксирующую in vitro активность нейронов в самоорганизующейся неоднородной нейросети. Сегодня они работают с так называемыми нейрогибридными системами, в которых нейроморфные чипы связаны с живыми нервными клетками. Искусственные нейроны они выращивают в силиконовых чипах на микроэлектродных матрицах.

Уникальная структура чипов с микрофлюидными каналами позволяет разделить сеть на две, связанных между собой так, что возникающая в одной сети («источник») биоэлектрическая активность распространяется в другую сеть («приемник»), но не обратно. Таким образом, говорят ученые, удается достигнуть моделирования направленной передачи сигнала между связанными нейронными сетями in vitro аналогично иерархическим связям между различными структурами мозга человека in vivo.

Со стороны матрица выглядит просто. Чип совмещен с микроэлектродной матрицей из 60 электродов, так что можно регистрировать сигнал с нейронов в обеих сетях с высоким временным разрешением и подавать электрические стимулы в выделенный участок нейронной сети, вызывая ответ в виде пачки импульсов, генерируемой некоторым подмножеством нейронов сети. Однако протекающие внутри процессы сложны.

Сопряжение такой живой нейронной сети с искусственной мемристивной сетью позволяет реализовать адаптивное управление функциональным состоянием живой нейронной сети. Так, при фактическом нарушении связей между двумя нейронными сетями сеть способна классифицировать сигнал с сети-«источника» с выделением паттерна активности, который должен вызвать ответ в сети-«приемнике». Стимуляция сигналом искусственной сети к живой сети «приемника» вызывает ответ сети, подобный тому, что был бы при передаче сигнала из живой сети источника до нарушения связей.

«Такие биосовместимые микроэлектронные системы, наряду с новыми биотехнологиями, могут обеспечить прорыв в области нейропротезирования с важным конкурентным преимуществом,— объясняет профессор ПИМУ Ирина Мухина.— Миниатюрный биоэлектрический сенсор на основе микро- и наноструктур мемристора с возможностью хранения и обработки сигналов различными способами, включая подходы прямой и обратной связи, может служить активным нейроинтерфейсом для интеллектуального контроля и управления нейронными структурами при повреждении живой материи» Иными словами, говорит профессор Мухина, неживой материал может повторить сигнализацию живого! И помочь живой системе в трудную минуту ее жизнедеятельности.

ВНУТРИЧЕРЕПНАЯ ДЕМОГРАФИЯ

Наш мозг состоит из примерно 86 млрд нейронов, которые образуют между собой триллионы синаптических связей. Передача сигналов в мозге — это сочетание электрических импульсов и химических реакций. Электрические синапсы (щелевые контакты) — более редкий, но сверхбыстрый способ связи, когда нейроны синхронизируются за счет прямого потока ионов, то есть, по сути, электрического тока. Нейроны высокоспециализированные клетки, их образование из нейробластов прекращается вскоре после рождения человека, и потом на протяжении всей нашей жизни новых нейронов не возникает. В лабораторных культурах нейроны могут расти и устанавливать друг с другом новые синаптические связи. Так в пробирке получают модель участка мозга, которая может прожить до нескольких месяцев.

Ученые не первый год изучают различные возможности искусственных нейронов в пробирках. Сейчас в лабораториях университета (ПИМУ) идут эксперименты с целью оценки способности диссоциированных, то есть отдельных искусственных клеток головного мозга на чипе определять токсичные вещества в окружающей среде. «Они должны вырабатывать иммунитет к ним. Этот эксперимент проводится для того, чтобы выявлять в воздухе нейротоксичные вещества неизвестного происхождения»,— поясняет Ирина Мухина.

Нейросеть повышает чувствительность

Данный эксперимент был продолжительным, он начался еще в 2010-х годах, сейчас идут новые научные эксперименты. Готовится его вторая часть, уже на стволовых клетках человека. Пока искусственные нейроны воспроизводят самые примитивные функции, но в будущем новые «человеческие» нейроны могут помочь людям с поражениями головного мозга и центральной нервной системы, в буквальном смысле заменяя отмершие там клетки.

Для этого ученые ПИМУ будут работать над инновационной методикой для выявления лучших лекарственных маршрутов для восстановления людей с нарушениями работы головного мозга, ЦНС и в лечебных процессах от травм. Первые научные испытания уже идут, но пока они ведутся на клетках зародышей мышей. Чтобы разработать аналогичные искусственные нейроны для реабилитации человеческого головного мозга, у человека заберут стволовые клетки.

«Стволовые клетки — это клетки, которые служат основой для регенерации других клеток человеческих тканей и органов. Нейроны мы получим в лабораторной среде известными способами генного перепрограммирования. Следующим шагом будет выращивание из миллиардов клеток нейронной сети, изучение передачи сигналов между ними и взаимодействия друг с другом»,— говорит Ирина Мухина.

Научная разработка может помочь в нейрореабилитации людей, страдающих разными видами деменции, при которой синаптические связи ослабевают или вовсе исчезают. К следующей зиме в лабораториях ПИМУ совершат забор стволовых клеток у больных Альцгеймером и определят, можно ли сформировать новую, персональную, нейросеть из стволовых клеток больного человека. Стволовые клетки поместят в питательную среду, в течение нескольких месяцев ученые будут растить из клеток искусственные нейроны и следить за нанопроцессами.

Создание рукотворных нейросетей могут помочь также больным, страдающим ментальными заболеваниями, и инвалидам, которым руки и ноги заменяют протезы. Иногда при травме и диффузных поражениях часть мозга просто утрачивает свои нейробиологические функции, образуя своеобразный нарост без нейронов. С исчезновением конечностей инвалиды получают протез, который дублирует функции утраченной части, но не дает чувствительности. Клетки головного мозга не регенерируются, и восстановление мозга в отделе, отвечающем за чувствительность конечности, не происходит.

Если же удастся вырастить нейросеть из человеческих стволовых клеток в лабораторных условиях, то отечественная медицина получит новые инструменты в лечении и реабилитации больных нейродегенеративными заболеваниями и инвалидов, считают в Приволжском исследовательском медицинском университете

АННА ГЕРОЕВА

Дроны и наездники

Краснодарская компания «Летай и смотри агро» (резидент «Сколково») разработала уникальный способ биологической защиты растений.

В мире насекомых существуют свои хищники и травоядные. Хищники, поедающие сородичей, называются энтомофагами. Их используют для защиты сельхозкультур от насекомых-вредителей — таков один из методов биологической защиты растений. Именно этот метод стал частью деятельности компании «Летай и смотри агро».

Метод проверенный. В Китае насекомых, в частности муравьев, использовали для защиты цитрусовых еще в IV веке. Научный подход к биологическому контролю начал развиваться в США в конце XIX века. Сейчас этот метод приобрел особую актуальность, потому что насекомые-вредители выработали резистентность к инсектицидам — ядовитым веществам, которые чаще всего используются для борьбы с ними, не говоря уже о том, что химические средства наносят непоправимый вред природе, отравляя воду, загрязняя почву, снижая плодородие земель и убивая животных, в том числе птиц и пчел.

Новизна подхода команды «Летай и смотри агро» — в применении беспилотных летательных аппаратов для обработки полей энтомофагами. Эффективность такого комплексного подхода к борьбе с вредителями достигает 95% и в некоторых регионах намного превышает показатели химических препаратов.

FLYSEE AGRO

_Если в борьбе с вредителями не помогают инсектициды — помогут энтомофаги

Идея

Идея соединить сельхознауку и беспилотную технику пришла в голову идеологу, основателю и генеральному директору компании, председателю Союза беспилотной сельскохозяйственной авиации России Василию Птицыну, по специальности инженеру-механику по беспилотным летательным аппаратам. Он долго занимался использованием БПЛА для мониторинга ЛЭП и эндогенных процессов на берегах морей, но в 2013 году ему на глаза попался отчет зарубежной консалтинговой компании о том, что сельское хозяйство — невероятно перспективная область применения беспилотников, и он решил занять свое место на этом растущем рынке. И так совпало, что буквально через пару недель его пригласили участвовать в Дне поля, который проходил в одном из хозяйств Краснодарского края. «Мы взяли пару дронов и поехали,— вспоминает Василий Птицын.— Там к нам подошел парень и спросил: „А что умеют ваши дроны?“ — „Летать и снимать“. — „Жаль! — сказал парень. — Вот если бы они умели вносить трихограмму!“» Трихограмма — это крохотное насекомое, которое уничтожает яйца чешуекрылых вредителей. И Птицын загорелся идеей научить дроны «опрыскивать» поля энтомофагами.

Но с чего начать? Ни Василий Птицын, ни его партнер Алексей Орещенко, сейчас коммерческий директор компании, не имели никакого отношения ни к сельскому хозяйству, ни к энтомологии. И они обратились во Всероссийский НИИ биологической защиты растений в Краснодаре. В общении с энтомологами выяснилось, что внесение энтомофагов подразумевает сверхмалые дозировки. Дрон идеально для этого подходит: он позволяет вносить препараты точечно, точно и в труднодоступных местах. Так в 2017 году идея обрела реальные очертания и превратилась в проект.

Метод

«Сегодня наши энтомофаги справляются с 463 видами вредителей,— рассказывает гендиректор „Летай и смотри агро“.— Из них самые экономически значимые — чешуекрылые. К ним относятся все виды совок, а также моли, огневки. Например, у совки 1035 видов и почти 300 тыс. подвидов, многие из которых представлены в России. Основные вредители в последние годы — это хлопковая совка, совка-гамма, луговой мотылек, кукурузный мотылек,

В ЧЕМ ОТЛИЧИЕ ОТ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Максимально плохо
Максимально хорошо
Среднее значение

	Химические препараты	Биологические препараты (грибы, экзотоксины, бактерии)	Энтомофаги
Вред человеку			
Вред почвам			
Вред пчелам и насекомым-опылителям			
Эффективность			
Стоимость			
Резистентность			
Регуляторика			

ОПЫТ УСПЕШНОЙ ИНТРОДУКЦИИ ЭНТОМОФАГА

В лесах с участием каштана вокруг Сочи был обнаружен опасный инвазивный дендропаразит — восточная каштановая орехотворка. Ученые быстро поняли, что бороться с ней с помощью пестицидов не получится.

Тогда был проведен анализ: насколько опасным станет интродукция специализирующегося на орехотворке паразитоида Torymus sinensis. Ученые пришли к выводу: торимус не представляет угрозы сочинским лесам, что подтверждали и другие случаи интродукции этого энтомофага в разных странах, куда проникала каштановая орехотворка. Поэтому в 2021 году в России также была проведена интродукция торимуса. Ее результаты по состоянию на 2023 год еще слабо влияют на популяцию орехотворки, но торимус натурализовался успешно, и можно надеяться, что через несколько лет, как и при интродукции этого энтомофага в других странах, он начнет успешно регулировать численность хозяина — орехотворки.

Выпуск торимуса в очаги восточной каштановой орехотворки стал первым опытом реального применения на практике метода интродукции энтомофагов как одного из важных приемов биологической защиты лесов. Метод должен стать главным при планировании и проведении мер защиты от новых дендрофильных инвайдеров, проникающих в леса России.

По материалам Алексея Гниненко, Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства

акациевая огневка, подсолнечниковая огневка, а также тля, паутинный клещ, трипсы. Совки едят все: кукурузу, подсолнечник, нут, сахарную свеклу. Всего наши энтомофаги защищают от вредителей 18 культур».

Вредят урожаю гусеницы, и главная задача специалистов компании — не допустить их появления. «У нас превентивный метод защиты, — подчеркивает Птицын. — Поэтому мы используем трихограмму — она уничтожает 50–70% яиц вредителей». Если гусеницы все же появились, в дело вступает габробракон хебетор. Личинки златоглазки обыкновенной успешно истребляют как взрослых особей тли, трипсов и паутинного клеща, так и яйца колорадского жука — опасного вредителя картофеля. «Сейчас наша компания — самый крупный производитель златоглазки и габробракона в РФ, — говорит Василий Птицын. — Часть энтомофагов закупаем в Центральной Азии, часть — в других лабораториях России, чтобы обновлять генетику нашего базового стада насекомых».

Применение

Работа начинается, когда посевы только взошли. Для кукурузы, например, это 6–8 пар листьев. В этот момент специалисты «Летай и смотри агро» вручную расставляют феромонные ловушки. Устроены такие ловушки просто: картонный домик, у которого открыты две стороны, клеевой вкладыш и на нем феромонный диспенсер, который привлекает самцов насекомых-вредителей. Насекомые летят на феромон и прилипают к клеевому слою. Задача ловушек — определить начало массового лёта вредителей и массовой яйцекладки. «В ловушки летят самцы, — объясняет Птицын. — У совки, например, на одного самца 20 самок. Если мы за ночь поймали 5–7 самцов, значит, через неделю начнется массовый лёт. Пора выпускать трихограмму».

Яйца трихограммы — сыпучая субстанция, как порошок. Их смешивают с манной крупой и закладывают в бункер на дроне. 920 г смеси хватает на 20 га. Задача беспилотника — равномерно распределить препарат по всей площади посевов.

Габробракон вносится по-другому. Его выращивают на гофрированных бумажных кассетах размером 15x8 см. Эти «гармошки» вставляют в специальный дозатор, установленный на дроне побольше. Одной-двух «гармошек» на 1 га достаточно, чтобы все гусеницы там были уничтожены за пять дней.

«Это делается дозаторами моего изобретения, — говорит Василий Птицын. — Они позволяют вносить насекомых в виде яиц или нимф (куколок). А свой первый дозатор я сделал из автоматической кормушки для кормления аквариумных рыб». Каждый дозатор имеет контроллер управления со своим ПО, благодаря которому можно менять режимы, дозировки и другие параметры. Интеграция ПО дозаторов в работу системы беспилотника позволяет вносить энтомофагов с точностью до 20 см. За 14 минут полета дрон успевает обработать 28 га посевов, а за смену — 500–700 га, то есть его производительность в шесть раз выше, чем у наземной техники.

При этом энтомофаги не представляют опасности ни для растений, ни для почвы, ни для воды, ни для людей. В наших климатических условиях энтомофаги долго не живут: трихограмма — в среднем до 12 суток, габробракон — 9–11 суток. Только златоглазка — долгожительница: она живет до 26 суток. Но зиму уж точно никто пережить не может.

FLYSEEAGRO

Трихограмма — насекомое рода паразитических наездников, отряд перепончатокрылых. Эта маленькая мошка размером 1 мм уничтожает 215 видов насекомых-вредителей с эффективностью до 82%. Она находит яйца насекомых-вредителей, прокалывает их жалом-яйцекладом и откладывает в них личинку. Личинка выедает внутренности яйца, истребляя вредоносных насекомых еще до момента появления гусениц.

FLYSEEAGRO

Златоглазка обыкновенная — насекомое семейства златоглазок из отряда сетчатокрылых. Ее личинки плотоядны, питаются в основном тлей, многими видами клещей, яйцами и личинками жуков, в том числе колорадского, а также клопов и бабочек. Подходит для борьбы против 75 видов вредителей с эффективностью до 97%. Самка златоглазки за жизненный цикл откладывает до 400, а в лабораторных условиях — до 700 яиц. Каждая личинка способна уничтожить до 400 тлей, более 2 тыс. паутинных клещей, около 300 яиц колорадского жука.

FLYSEEAGRO

Габробракон хебетор — перепончатокрылое насекомое рода паразитических наездников. Уничтожает примерно 60 видов вредителей, в том числе гусениц хлопковой совки, личинки кукурузного мотылька, плодожорок и огневки. Его эффективность выше 72%. Самки габробракона садятся на гусеницу и жалят ее, впрыскивая нейротоксин. Гусеницу тут же парализует, и она служит инкубатором для развития маленьких габробракончиков. Одна самка может в сутки убить до 50 гусениц. Если представить, что на 1 га поля высажено 50–60 тыс. растений кукурузы, на каждое приходится по одному початку и на каждом початке пять гусениц, то есть на поле всего 3 млн гусениц, то нужно внести 5 тыс. особей габробракона на 1 га. За два-три дня все гусеницы будут уничтожены. Это в случае массового нашествия. Обычная дозировка составляет 1–1,5 тыс. особей габробракона на 1 га, чтобы за неделю решить проблему вредителей.

Трудности и успехи

«Сложно работать, когда происходит массовое очаговое заражение вредителями, — говорит Василий Птицын, — например, когда по 5–7 гусениц сидит на каждом початке кукурузы».

В прошлом году случилась страшная история: из-за массового нашествия лугового мотылька в Краснодарском крае погиб урожай сахарной свеклы. Химия с задачей не справилась, а к Птицыну обратились слишком поздно. «Надо все делать своевременно, — подчеркивает специалист. — А у нас, к сожалению, и агрономы, и фермеры работают по факту. Когда уже все в гусеницах, они начинают нам звонить: спасите, помогите. Приходится кратно увеличивать дозировку габробракона. Потом они удивляются, что дорого. Мы дешевле химии минимум на 20%, а когда речь идет о выращивании дорогих, высокомаржинальных культур, таких как соя, сладкая кукуруза, кукуруза-попкорн, семенные, то и на все 70%».

Но есть и хорошая история — о спасении урожая сои от паутинного клеща. «Клещи обладают колюще-сосущим ротовым аппаратом и высасывают соки из растений, — объясняет Василий Птицын. — Очень любит паутинный клещ нашу сою. Пораженная клещом соя желтеет. Увидев это, неопытный агроном приходит к выводу, что она созрела. На самом деле это паутинный клещ ее доедает. Он очень маленький, его трудно увидеть. И вот как-то раз наша златоглазка так хорошо защитила сою от паутинного клеща, что та не пожелтела. Ее пора убирать, а она стоит зеленая! Пришлось аграриям делать десикацию — подсушивание растений перед уборкой. Это делается для того, чтобы снизить влажность зерна. Зато соя была защищена на 100%».

Клиенты

Сегодня услугами «Летай и смотри агро» пользуются три российских агрохолдинга из десятки ведущих, крупные сельхозпроизводители. География — вся европейская территория страны: от Краснодара до Подмосковья, от Белгорода до Башкирии. «К сожалению, к нашим методам не все обращаются, — сетует Птицын. — Во-первых, в сельхозвузах не учат биологическим методам защиты, только химическим. Во-вторых, применять энтомофагов непросто: нужны знания и специалисты. Ну и в-третьих, консерватизм и инертность: агрономы используют то, к чему привыкли, не задумываясь о выгоде для хозяйства. Но земля — это ресурс, который больше не производится, восстанавливается плодородие почв очень долго, поэтому заливать поля химией бесконечно невозможно».

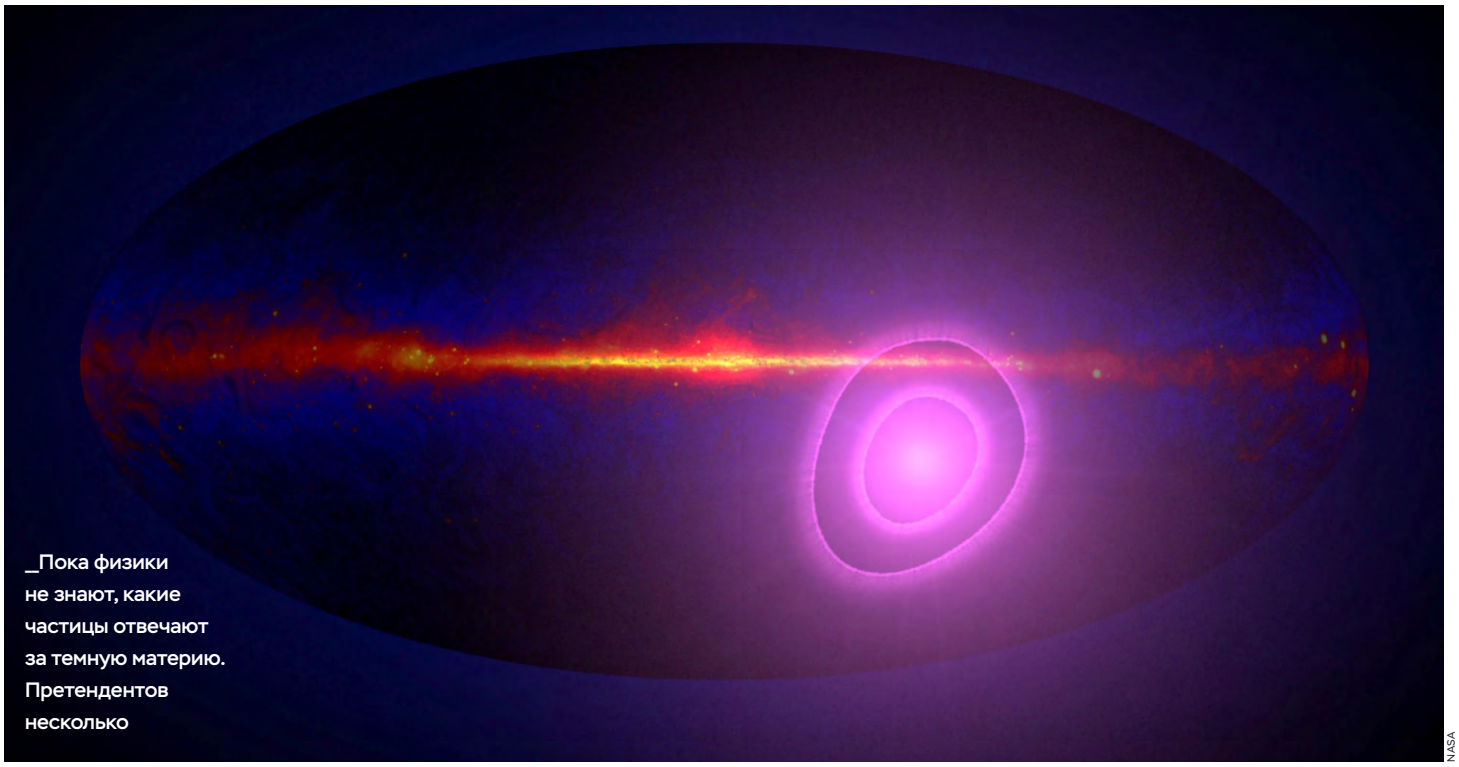
Энтомофагов активно используют во многих странах мира. В Бразилии, где резистентность вредителей к пестицидам почти достигла 100%, несколько компаний делают это при помощи дронов. Применяют дроны с энтомофагами во Франции, Германии, Швейцарии. В технологии компании «Летай и смотри агро» заинтересованы в Малайзии, ЮАР, Саудовской Аравии, Омане, Индии, Эфиопии. Сейчас компания ведет с ними переговоры.

Уже есть соглашения с Египтом, где технологию Птицына успешно используют крупная структура, контролирующая 25% сельского хозяйства страны, и производитель 96% всего египетского сахара. «Мы первая компания в РФ, получившая разрешение на экспорт услуг беспилотных авиационных систем, и выдал его Египет, — с гордостью говорит Василий Птицын. — Там в защите нуждаются сахарная свекла, кукуруза, лимон, апельсин, оливы. Энтомофагов применяем тех же, что и в России, в основном подвиды, устойчивые к высоким температурам».

ЕЛЕНА ТУЕВА

В погоне за невидимкой

Представьте: все, что вы когда-либо видели — все звезды в ночном небе, все галактики, все планеты и каждый живой организм — всего 15% от всей материи во Вселенной. Остальные 85% — загадочная субстанция, которая не испускает, не поглощает и не отражает свет.



_Пока физики не знают, какие частицы отвечают за темную материю. Претендентов несколько

NASA

Мы не можем ее увидеть ни в один телескоп, но мы точно знаем, что она есть. Она дирижирует движением галактик, искривляет путь света и определяет крупномасштабную структуру мироздания. Ее называют тёмной материей. Так из чего же она состоит и как ученые пытаются поймать то, что нельзя увидеть?

Вселенная, которую мы не видим: от гипотезы к уверенности

Еще в 1930-х годах швейцарский астроном Фриц Цвикки изучал скопление галактик в созвездии Волосы Вероники. Он производил расчеты и заметил нечто шокирующее: галактики двигались так быстро, что должны были бы давно разлететься в разные стороны, если бы их не удерживала гравитация какой-то невидимой, скрытой массы, которая многократно превосходила массу всех видимых звезд. Он назвал эту недостающую массу «темной материей», но его идею игнорировали из-за отсутствия точных данных.

Окончательные, неопровержимые доказательства появились полвека спустя, благодаря кропотливой работе американской ученой Веры Рубин и ее коллеги Кента Форда. Они составляли детальные карты скоростей вращения звезд в спиральных галактиках. По законам Кеплера и Ньютона, звезды на окраинах галактики, где видимая масса заканчивается, должны двигаться тем медленнее, чем дальше они от центра.

Но данные Рубин показали обратное: кривые вращения оставались плоскими — то есть скорости звезд не падали, а оставались высокими независимо от расстояния до центра галактики. Единственное правдоподобное объяснение этому: каждая галактика погружена в гигантский, невидимый сферический «кокон» или «гало» из материи, чья гравитация и раскручивает звезды на периферии. Позже наблюдения за гравитационным линзированием и реликтовым излучением (от миссии Planck) окончательно подтвердили: темная материя реальна, и ее в пять-шесть раз больше, чем обычной.

Так охота на невидимку началась всерьез.

Главные подозреваемые: галерея гипотетических частиц

Если темная материя — не просто холодный газ, темные карликовые звезды или планеты-сироты (а наблюдения исключают их в достаточном количестве), значит, она состоит из неизвестных науке элементарных частиц, не входящих в Стандартную модель. У физиков есть несколько главных «подозреваемых», каждый со своей мотивацией и «признаками».

Вимпы (WIMPs) — самые популярные и долгоживущие кандидаты. Аббревиатура расшифровывается как Weakly Interacting Massive Particles — слабовзаимодействующие массивные частицы. Представьте себе частицы с массой от десятков до тысяч масс протона, но при этом взаимодействующие с обычным веществом лишь через гравитацию и, возможно, слабое ядерное взаимодействие (отсюда и название). Они пронизывают нас и всю планету миллиардами каждую секунду, не оставляя почти никакого следа. Их теоретическая привлекательность в том, что они элегантно вписываются в теорию суперсимметрии — расширение Стандартной модели, которое предсказывает для каждой известной частицы более тяжелого «суперпартнера». Самый легкий из них (нейтралино) и является идеальным кандидатом в вимпы. Расчетная плотность таких частиц во Вселенной, оставшихся после Большого взрыва, удивительно точно совпадает с наблюдаемой плотностью темной материи. Это совпадение так красиво, что физики называют его «WIMP-чудом».

> Охота на темную материю — это гораздо больше, чем поиск одной частицы. Это попытка заглянуть за горизонт известной физики, приоткрыть дверь в мир, полностью скрытый от наших глаз. Это фундаментальный поиск ответа на вопрос: из чего в основном сделана наша Вселенная?

Аксионы — их главные конкуренты, набирающие популярность по мере того, как вимпы ускользают от обнаружения. В отличие от массивных вимпов, аксионы — легковесы, в миллиарды раз легче электрона. Но зато их могло бы образоваться невообразимо много. Изначально их предсказали для решения другой сложной задачи в квантовой хромодинамике — сильной CP-проблемы (загадочной симметрии в поведении сильного ядерного взаимодействия). Оказалось, что гипотетическая частица, решающая эту проблему, обладает всеми свойствами идеальной темной материи: она нейтральна, стабильна, слабо взаимодействует и в изобилии должна была рождаться в ранней Вселенной. Это изящные, почти невесомые «призраки», чье обнаружение требует совершенно иных подходов.

Есть и более экзотические гипотезы. Стерильные нейтрино — «тяжелые» и крайне инертные родственники обычных нейтрино, которые могли бы составлять темную материю. Первичные черные дыры микроскопических размеров, образовавшиеся не из звезд, а в первые доли секунды после Большого взрыва из-за флуктуаций плотности. Или даже целые «скрытые сектора» — целые семейства частиц, живущие своей жизнью параллельно с нашим миром и взаимодействующие с ним лишь через гравитацию.

Большая охота: три стратегии поимки

Поскольку темная материя не светится, ученым приходится проявлять недюжинную изобретательность, превращая детектирование в высшую форму технологического искусства. Существует три основных, взаимодополняющих стратегии охоты.

1. Прямое обнаружение: подземные крепости-ловушки

Самый интуитивный способ — попытаться поймать частицу темной материи «за руку», когда она, пролетая сквозь Землю, изредка столкнется с ядром атома в специальном детекторе. Вероятность такого события исчезающе мала, поэтому детекторы должны быть невероятно чувствительными и чистыми. Чтобы надежно экранировать их от постоянной бомбардировки космическими лучами и естественной радиации, эти сверхчувствительные установки размещают глубоко под землей: в заброшенных золотых шахтах Южной Дакоты (Санфордский подземный исследовательский центр), под горой Солясси в Италии (Национальная лаборатория Гран-Сассо) или под льдами Антарктиды (обсерватория IceCube, ищущая сопутствующие нейтрино).

Самые передовые детекторы, такие как LZ (LUX-ZEPPELIN) или XENONnT, используют многотонные резервуары с жидким ксеноном, очищенным до невероятной степени. Если ядро ксенона получит редчайший упругий удар от пролетающего вимпа, оно отдаст энергию атому, который испустит крошечную вспышку света (сцинтилляцию) и порцию электрического заряда. Эти два сигнала, зарегистрированные сверхчувствительными фотоумножителями, позволяют с высокой точностью восстановить энергию и положение события и отличить его от фонового радиационного шума. Пока ни одной однозначно «пойманной» частицы нет, но каждый такой эксперимент сужает зону поиска, говоря нам, где темная материя *не* прячется, и устанавливая все более строгие ограничения на массу и сечение взаимодействия вимпов.

2. Косвенное обнаружение: охота в небесах

Если мы не можем поймать частицы здесь, на Земле, возможно, мы увидим последствия их «гибели» или распада там, в космосе. Согласно некоторым теориям, две частицы темной материи могут при столкновении аннигилировать — уничтожить друг друга, породив ливень знакомых нам вторичных частиц: гамма-кванты, нейтрино, позитроны или антипротоны.

Задача ученых — найти в космосе необъяснимые, избыточные источники такого излучения, которые нельзя списать на известные астрофизические процессы (пульсары, аккреционные диски и т. д.). Этим занимаются орбитальные обсерватории, такие как гамма-телескоп Fermi-LAT, который сканирует небо в поисках точечных источников или протяженных диффузных гамма-гало вокруг карликовых галактик или в центре Млечного Пути, где плотность темной материи предположительно максимальна. Детектор AMS-02, установленный на МКС, годами тщательно измеряет поток космических лучей, пытаясь обнаружить аномальное, необъяснимо высокое количество позитронов или антипротонов, которые могли бы быть продуктом аннигиляции.

3. Рождение в неволе: Большой адронный коллайдер

Можно не ждать милости от природы, а создать темную материю самому в условиях лаборатории. В Большом адронном коллайдере (БАК) протоны разгоняют до скоростей, близких к световой, и сталкивают лоб в лоб, воссоздавая условия, подобные первым мгновениям после Большого взрыва. По расчетам, в этом огненном вихре могут рождаться и гипотетические частицы темной материи.

Увидеть их напрямую нельзя, так как они немедленно улетают из детектора, не оставив следа. Но здесь сыщики-физики используют хитрый косвенный метод. Они тщательно измеряют и суммируют импульсы и энергии всех частиц, родившихся в столкновении. Если общий импульс системы не сходится — если есть дисбаланс поперечного импульса (Missing Transverse Energy) — это красноречивое свидетельство того, что часть энергии унесла с собой невидимая, неучтенная «сущность», которая не взаимодействовала с детектором. Именно этот дисбаланс и является главной уликой, которую ищут на БАКе в надежде создать темную материю непосредственно внутри детектора.

Что дальше? Тупик или заря новой физики?

Пока ни один из методов не принес решающего, однозначного успеха. Вимпы, главные фавориты последних десятилетий, успешно уклоняются от всех ловушек, что заставляет научное сообщество испытывать легкое беспокойство и пересматривать приоритеты. Это заставляет некоторых ученых говорить о возможном тупике, но большинство видит в этом не разочарование, а величайший вызов, который может привести к фундаментальному сдвигу в парадигме.

Наука не стоит на месте. Уже проектируются и финансируются детекторы прямого поиска следующего поколения. Например, проект DARWIN ставит целью создать ксеноновую обсерваторию массой в 40–50 тонн, чья чувствительность позволит проверить так называемое «нейтринное дно» — порог, когда фон от солнечных нейтрино станет непреодолимым, и если и там ничего не будет обнаружено, это поставит крест на целом классе моделей вимпов. Теоретики активно разрабатывают модели легкой, теплой и «пушистой» темной материи (например, на основе сверхслабого взаимодействия), которая могла бы ускользнуть от нынешних установок. Астрофизические обсерватории нового поколения (такие как обсерватория Веры Рубин или телескоп «Джеймс Уэбб») будут предоставлять всё новые данные для косвенных методов.

Ключ к успеху — в многоканальной стратегии: окончательное открытие должно быть подтверждено по нескольким независимым каналам. Сигнал в подземном детекторе должен иметь правильную сезонную модуляцию (скорость Земли относительно галактического гало темной материи немного меняется по мере обращения вокруг Солнца). Он должен коррелировать с данными, полученными на ускорителе, и, в идеале, с аномальным сигналом из космоса.

Охота на темную материю — это гораздо больше, чем поиск одной частицы. Это попытка заглянуть за горизонт известной физики, приоткрыть дверь в мир, полностью скрытый от наших глаз. Это фундаментальный поиск ответа на вопрос: из чего в основном сделана наша Вселенная? Даже если наши текущие теории окажутся неверны, сам процесс поиска заставляет нас создавать невероятные технологии, перепроверять основы и двигать вперед всю науку в целом. Каждый отсеченный вариант — это шаг вперед. Мы как сыщики, которые методично обыскивают огромный дом, комната за комнатой, зная, что призрак где-то здесь. И однажды дверь в ту самую, темную комнату обязательно откроется, и мы увидим лицо незнакомца, который все это время держал в своих руках судьбу галактик.

МАРИЯ ГРИБОВА

КОММЕНТИРУЕТ ДМИТРИЙ ГОРБУНОВ, ПРОФЕССОР КАФЕДРЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ И КОСМОЛОГИИ МФТИ

— Какой из методов поиска темной материи сегодня наиболее перспективен: прямые детекторы (как LZ), косвенные (как Fermi-LAT) или коллайдеры (БАК)? Или открытие возможно только при сочетании всех методов?

— Если рассматривать прямое детектирование, то оно, безусловно, может предоставить самое убедительное и прямое доказательство существования темной материи. Причина этого в самой сути метода: мы регистрируем частицы, которые летают вокруг нас здесь и сейчас в нашей галактике, в момент их взаимодействия с веществом нашего детектора. Это и есть самое прямое наблюдение.

Эксперимент Fermi-LAT как раз и занимается поиском таких фотонов в определенном кинематическом диапазоне, который может быть интересен с точки зрения темной материи. Теоретически, мы должны увидеть специфический сигнал. Его пространственное распределение будет особенным: поскольку плотность темной материи выше в центре галактики, то и сигнал должен быть там более концентрированным. Кроме того, форма энергетического спектра этого излучения также будет зависеть от того, на какие именно частицы аннигилирует темная материя — на электрон-позитронные пары или на другие каналы,— и это можно предсказать для каждой конкретной модели.

Что касается коллайдерного подхода, то частицы темной материи должны хоть как-то взаимодействовать с обычным веществом, иначе их невозможно было бы родить в столкновении протонов. В ходе такого столкновения может родиться пара этих частиц, которые затем улетят из детектора, не оставив следа. Если темная материя существует, она действительно будет проявляться на коллайдере именно таким образом.

Однако ключевая сложность заключается в том, что если это окажутся не стабильные частицы темной материи, а какие-либо другие новые частицы, которые, пролетев, скажем, 20 км, распадутся на что-то иное, например, на электрон и позитрон, а на таком расстоянии детекторов уже нет, то мы не сможем зафиксировать этот распад. Такой сигнал будет свидетельствовать об открытии новой физики, обогатит наши знания о фундаментальных частицах и взаимодействиях, но мы не сможем с уверенностью утверждать, что обнаружили именно темную материю. Это не будет прямым указанием на нее.

В этом смысле эксперимент DARWIN как раз нацелен на получение прямого указания. В то время как косвенные эксперименты, подобные Fermi-LAT, работают в режиме проверки гипотез. В ранней Вселенной частицы темной материи находились в состоянии горячей плазмы, где процессы их рождения и аннигиляции были сбалансированы. Затем Вселенная расширилась, плотность частиц упала, они стали реже сталкиваться, и процессы аннигиляции практически прекратились из-за кинематических ограничений.

Однако в галактиках, где плотность темной материи значительно выше, эти частицы все еще могут изредка встречаться и аннигилировать, порождая частицы стандартной модели, которые мы затем можем пытаться обнаружить в космических лучах. Например, если две частицы темной материи аннигилируют в электрон и позитрон, то эти заряженные частицы, скорее всего, не долетят до нас напрямую из-за воздействия галактических магнитных полей, которые искривляют их траектории. Но если в процессе аннигиляции или в результате последующего излучения от полученных электронов рождаются фотоны, то они уже летят к нам свободно и по прямой.

Точная наука о стихе

В шестидесятые годы прошлого века велись жаркие споры, могут ли поэты и ученые понять друг друга — общество разделялось на «физиков» и «лириков». Границы постепенно стирались, и на стыке литературы и точных наук появилось математическое стиховедение. Сегодня это отдельное направление современной компьютерной науки.

Звучит необычно: неужели стихотворение можно изучать с помощью формул и компьютера? Однако в стихе, как правило, есть своя довольно четкая ритмическая структура: система чередования ударных и безударных слогов, пауз, словоразделов и так далее. Этот рисунок зачастую не менее важен, чем сами слова. Математическое стиховедение исходит из того, что ритм стихов можно измерять и изучать статистически.

Зачем это нужно? Чтобы глубже понять структуру произведения, раскрыть секреты создания поэтами выразительных ритмических узоров и ощутить, как ритм участвует в создании текста, формирует его восприятие и даже смысл.

АНАТОЛИЙ ЖДАНОВ

_Копии рукописей А. С. Пушкина в экспозиции музея-усадьбы поэта

От Андрея Белого до наших дней

История математического стиховедения идет с начала XX века. Владислав Ходасевич вспоминал, как летом 1908 года Андрей Белый позвонил ему и взволнованно прокричал в трубку:

«Если свободны, скорей приезжайте в город. Я сам приехал сегодня утром. Я сделал открытие! Ей-Богу, настоящее открытие, вроде Архимеда!»

Когда Ходасевич примчался, он увидел Белого за столом, заваленным бумагами. На листах были проставлены столбцы точек, соединенных линиями. «Вот вам четырехстопный ямб. Весь тут, как на ладони! — торжествующе объявил поэт.— Стихи одного размера разнятся ритмом. Ритм с метром не совпадает!»

В тот день Белый буквально нарисовал схему стихотворного ритма, показывающую, где в стихотворных строках пропущены метрические ударения. Он доказал, что даже если стихотворения написаны одним и тем же размером, например, классическим четырехстопным ямбом (излюбленным размером Пушкина), их ритмический рисунок может существенно различаться. Иначе говоря, метр — абстрактная «схема» стиха (количество слогов и более или менее строгое расположение мест, куда с достаточно высокой вероятностью должны попадать ударения), а ритм — живое наполнение этой схемы, реальные чередования ударных и безударных слогов в тексте.

Но вот вопрос: что первично и как формируется стих — от метра к ритму или наоборот? Разные исследователи отвечали по-разному.

Для Белого, очевидно, ритм был первичен. Он организовал в 1910 году при издательстве «Мусагет» специальный ритмический кружок, где молодые литераторы учились собирать статистику по рифме и ритму. Методы и подходы Белого далеко не всеми были приняты. В следующие десятилетия одни литературоведы критиковали его подсчеты, другие пытались их развивать и уточнять. Но сама идея измерять стихи прижилась. Позже гонения на формализм поставили данные разработки на паузу. Полвека спустя, в начале 1960-х, к ним неожиданно вернулись уже на новом уровне — с помощью продвинутых математических методов. Инициатором второго рождения точного стиховедения стал всемирно известный советский математик Андрей Колмогоров.

Мало кто ожидал, что академик, прославившийся фундаментальными трудами по теории вероятности, возьмется за изучение стиха. Однако Колмогоров увлекся этой работой всерьез. Он собрал междисциплинарный семинар — по сути, новую версию кружка Белого,— где вместе работали математики и филологи: Александр Прохоров, Наталья Светлова (Солженицына), молодой Михаил Гаспаров, будущий академик, и талантливая выпускница отделения математической лингвистики ЛГУ Марина Красноперова.

Под руководством Колмогорова группа энтузиастов исследовала ритмические структуры русского стиха методами точных наук, активно применялась статистика: подсчитывали, например, сколько ударений в среднем приходится на строку в «вольных» стихах Владимира Маяковского или как часто Пушкин отклоняется от строгой метрической схемы в поэме «Медный всадник».

Колмогоров фактически заложил основы математического стиховедения как полноценной научной дисциплины: разработал четкие определения метра и ритма, показал, как строить вероятностную модель ямба, как статистически изучать ритмику стиха и прозы. Его ученица Марина Красноперова продолжила работу — создала систему вероятностных моделей стиха, первой стала применять компьютерное моделирование для стихотворной речи. Уже в 1970-е годы она начала опыты обработки стихотворных текстов на ЭВМ.

Красноперова выдвинула оригинальную идею: с помощью математических и компьютерных моделей можно попытаться воссоздать процесс порождения стиха, понять, как разум ощущает и генерирует ритм. Ее теория «реконструктивного моделирования стихосложения» опередила время и проложила мост от статистики стиха к когнитивной компьютерной науке о стихотворной речи. В 1980–2000-е годы она продолжала исследовать ритмику стихотворной и прозаической речи, преподавала в Петербургском университете.

Автору этих строк посчастливилось быть ее учеником.

От расчетов на бумаге к анализу больших данных

Во времена Андрея Белого и даже Колмогорова исследователи стихового ритма вооружались в лучшем случае карандашом, листом бумаги и арифмометром. Подсчитать таким образом ритмический рисунок десятка стихотворений — уже большая работа. Даже академик Гаспаров все свои подсчеты делал вручную.

Сегодня же компьютеры позволяют анализировать тысячи и даже сотни тысяч строк буквально за секунды. Автоматизация изменила все: математическое стиховедение стало по-настоящему компьютерным. Теперь вместо того чтобы ограничиваться парой поэм, ученые могут изучать целые корпусы текстов — сборники из сотен и тысяч произведений, да еще и на разных языках. Вероятностные модели стиха стали намного точнее, а их расчеты заметно упростились.

Ритм — вещь тонкая: нужна большая выборка, чтобы уловить закономерности. Например, вручную трудно понять, отличается ли ритмика стихов Пушкина и Лермонтова — нужно разметить и проанализировать сотни и тысячи строк каждого из поэтов. Компьютер справится с такой задачей легко, подсчитав все варианты расстановки ударений, частоту пропусков, ритмические формы и так далее. Автоматизация расчетов и всего процесса анализа позволяет получить достаточно точную картину о характере ритмики стиха или прозы, быстро провести испытание той или иной гипотезы, найти количественное доказательство тому, о чем раньше

можно было говорить только интуитивно.

Кроме того, компьютерные методы открыли дорогу к межъязыковому анализу на больших данных. Раньше компаративное стиховедение развивалось слабо, стиховеды работали в основном в пределах одного языка и одной литературной традиции. Теперь появились возможности легко сопоставлять, например, массивы текстов английского стиха с русским или немецким — точно и быстро с помощью компьютера. Такие исследования позволили ученым показать, что ритм — это действительно первичное понятие, он может предшествовать даже выбору слов (причем не только в стихе, но, вероятно, и в прозе). Иными словами, ритм способен опережать не только метр, но и язык.

Компьютерные алгоритмы могут легко и быстро приводить стихотворения на разных языках к общей ритмической или метрической модели, давая возможность выявлять типологические сходства и различия. Например, можно изучить, какие ритмические приемы характерны для всех европейских поэтов, а какие свойственны только русскому стиху. Такие исследования помогают отделить влияния языка и культуры от просодии. Позволяют понять, как формируется и развивается «музыка» стиха и как она влияет на нас.

Сегодня математическое / компьютерное стиховедение стало разделом прикладной лингвистики: оно изучает язык, когда тот облечен в строгую стихотворную форму, и противопоставляет его «свободному» потоку прозы. Оказывается, у многих поэтов «музыка стиха» действительно живет отдельной жизнью: ритм стихотворений заметно отличается от ритмики обычной речи. Это наводит на мысль о том, что поэт как будто переключается в особый «режим», когда сочиняет стихотворения,— его сознание работает по иным законам, нежели при порождении «неорганизованной», нестихотворной речи.

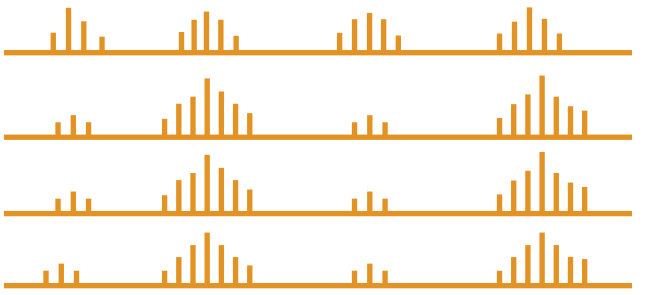
Цифровая платформа «Прозиметрон»

Развитие компьютерного стиховедения привело к необходимости создания единой цифровой платформы, которая получила название «Прозиметрон». Автору этих строк удалось собрать хорошую команду молодых исследователей, которые при поддержке Российского научного фонда на базе Школы филологических наук ФГН НИУ ВШЭ смогли начать разработку: платформа содержит большие корпусы просодически размеченных текстов стиха и прозы на разных языках и аппарат, который умеет тексты анализировать, сравнивать, строить различные модели стиха по вероятностным параметрам.

Система «Прозиметрон» позволяет отделять ритмический скелет от словесного «тела» произведения. Идея такого анализа состоит в том, чтобы дать исследователям инструмент, позволяющий взглянуть на стихотворение как бы в двух измерениях: с одной стороны, содержательная часть (сюжет, образы, лексика, смыслы), а с другой — чистая структура ритма. «Прозиметрон» в некоторых случаях автоматически распознает метрический и ритмический рисунок загруженного текста — отмечает, какие слоги ударные, а какие нет. Там, где это пока невозможно, исследователи вынуждены прибегать к ручной разметке текстов. После этого специальная программа подсчитывает все ритмические структуры в них, строит ритмический профиль: статистическую картину того, как в тексте распределяются ударения.

Эти данные можно хранить и сравнивать. Например, исследователь может попросить систему сравнить ритмику всех сонетов Шекспира с сонетами Пушкина — и «Прозиметрон» покажет, чем отличаются английские и русские тенденции в ритмике этих текстов. Или, скажем, можно сопоставить ритмы стиха Маяковского с его же прозаическими отрывками — система выявит

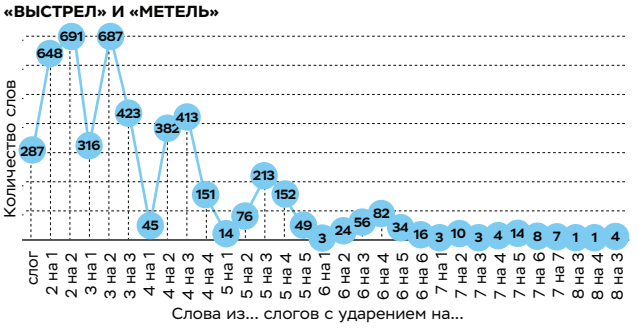
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РИТМИЧЕСКИХ СТРУКТУР ЧЕТЫРЕХСТОПНОГО ЯМБА В ТЕОРИИ РЕКОНСТРУКТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ



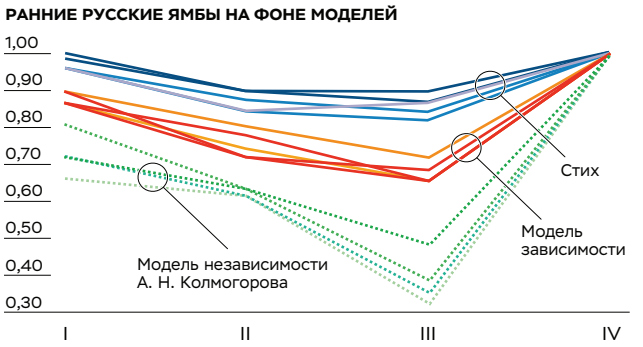
СООТВЕТСТВУЕТ СЛЕДУЮЩЕМУ ФРАГМЕНТУ «МЕДНОГО ВСАДНИКА»:

Красуйся, град Петров, и стой
Неколебимо как Россия,
Да умирится же с тобой
И побежденная стихия...

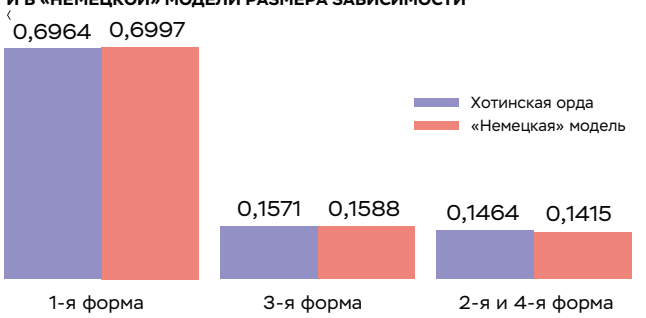
КОЛИЧЕСТВО РИТМИЧЕСКИХ СЛОВ В ПОВЕСТЯХ А. С. ПУШКИНА «ВЫСТРЕЛ» И «МЕТЕЛЬ»



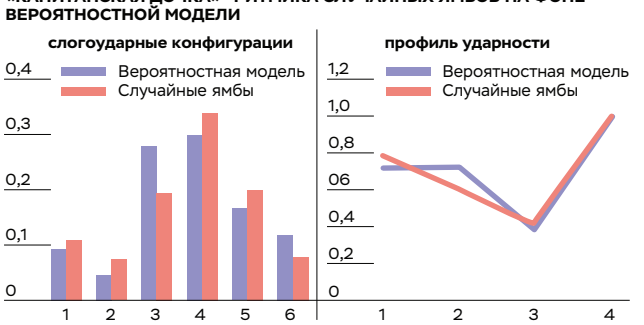
РАННИЕ РУССКИЕ ЯМБЫ НА ФОНЕ МОДЕЛЕЙ



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РИТМИЧЕСКИХ ФОРМ В ХОТИНСКОЙ ОДЕ И В «НЕМЕЦКОЙ» МОДЕЛИ РАЗМЕРА ЗАВИСИМОСТИ



«КАПИТАНСКАЯ ДОЧКА»—РИТМИКА СЛУЧАЙНЫХ ЯМБОВ НА ФОНЕ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ



различия. Благодаря обширной базе данных и вычислительной мощности такие задачи стали решаться нажатием нескольких клавиш. В будущем система должна моделировать стихотворную речь и проводить глубинный анализ процессов порождения текста на основе теории реконструктивного моделирования стихосложения.

Прямых аналогов «Прозиметрона» пока нет ни в России, ни за рубежом. Это не просто база литературных текстов, а настоящая лаборатория ритма, с помощью которой можно проверять смелые гипотезы. Например, одна из идей состоит в том, что поэт в процессе творчества сперва придумывает некие ритмические заготовки, а уже потом наполняет их словами. Проверить это трудно, но наша система позволяет получить непротиворечивые данные о том, что процесс создания ритмического облика стиха предшествует его вербальной реализации. Если собрать большие «коллекции» стихов на разных языках из разных эпох, можно, например, попытаться увидеть, переходят ли метрические и/или ритмические конструкции из одной литературной традиции в другую и зависит ли этот процесс от языковых условий. «Прозиметрон» довольно четко может показать, что в истории поэзии действительно имели место случаи такого заимствования ритма или метра: когда, к примеру, русские поэты XVIII века перенимали европейские образцы стихотворных размеров и даже заимствовали иностранные ритмические модели. Цифровая система способна зафиксировать подобные явления: отделив ритм от слов, она покажет, что, например, пятистопный ямб в английских и русских стихах имеет и сходства, и существенные отличия, обусловленные теми или иными особенностями языка и выработанными принципами реализации метра.

Кроме того, платформа открывает дорогу к исследованиям, которые прежде были чистой фантастикой. Можно изучать, как ритмические эффекты влияют на восприятие читателя: например, с помощью психологических экспериментов и данных «Прозиметрона» мы выясняем, почему равномерный размер навевает спокойствие, а сбивчивый ритм тревожит. Можно даже попытаться восстановить ритмику утраченных поэтических форм — древних стихов, от которых остались лишь фрагменты: статистический анализ похожих текстов помогает предположить, как могли звучать пропущенные строки. Все это становится возможным, когда в распоряжении исследователя есть мощная цифровая система, снимающая рутинную работу по обработке текстов и подсчетам.

«Прозиметрон» — яркий пример того, как гуманитарные науки вступают в цифровую эру. Казалось бы, поэзия — царство вдохновения и таланта — далека от больших данных, каких-либо алгоритмов и моделей. Однако история математического стиховедения показывает обратное: точные методы и литературное творчество могут плодотворно сотрудничать. Более того, без этого сотрудничества сегодня уже не обойтись. Ведь и сам Андрей Белый был прежде всего поэтом и лишь потом ученым, а новые поколения исследователей все увереннее стремятся говорить о поэзии на языке объективных показателей, не теряя при этом тонкости смыслового анализа. Фактически разработчики «Прозиметрона» продолжают то дело, которое сто с лишним лет назад начал Белый: переводят интуитивные догадки о ритме стиха на строгий язык чисел, делая этот подход массовым и доступным. Когда-то только лишь единицы энтузиастов вручную считали схемы ударений, а теперь это может сделать любой заинтересованный пользователь, вооруженный «Прозиметроном».

ЕВГЕНИЙ КАЗАРЦЕВ,
Школа филологических наук ФГН НИУ ВШЭ

Пришел невод с одною тиной...

Ученые из Института биологии внутренних вод РАН описали новый вид водорослей, обитающих в Волге и окрестных водохранилищах. Прежде считалось, что такие водоросли могут встречаться только в соленой морской воде.

В обиходе такие водоросли еще называют тиной. Откуда этот вид взялся в наших реках, не опасно ли это и почему важно это знать, рассказывает Василий Вишняков, старший научный сотрудник лаборатории альгологии, кандидат биологических наук.

«Мой интерес в последние годы был связан с систематикой и распространением нитчатых водорослей, без которых почти невозможно представить любой водный объект — это и скопления „тины“ в толще воды, и вдольбереговые выбросы, которые доставляют много неудобств купающимся,— рассказывает Василий Вишняков.— В августе 2018 года коллега-ботаник по институту сообщил, что собрал для определения нитчатые водоросли на Волжском плесе Рыбинского водохранилища в Ярославской области. Если честно, я отнесся к этой новости без большого энтузиазма: было известно, что среди волжских нитчаток преобладает кладофора (комплекс Cladophora glomerata), и ожидать чего-то нового не приходилось».

Но посмотрев пробу, ученый был очень удивлен. Вместо ожидаемой кладофоры он увидел водоросль с признаками хетоморфы (Chaetomorpha) — морского рода кладофоровых водорослей. К счастью, образцы водоросли были еще живыми, что позволило провести первые наблюдения за ее ростом и размножением. Эта по сути случайная находка стимулировала дальнейшие целенаправленные поиски.

Семейство кладофоровых водорослей очень богато и включает больше 300 видов, однако почти все они принадлежат к морским экосистемам. В пресных водах известно совсем немного представителей. Традиционно их классифицировали по морфологическим признакам (внешнему виду), таким как ширина и длина клеток, тип ветвления, наличие ризоидов (специальных выростов для прикрепления к субстрату). Но все они подвержены сильной морфологической изменчивости, что затрудняет определение видов. В современной науке о кладофоровых сложился подход, который предполагает обязательное изучение фрагментов ядерной ДНК для правильной идентификации видов. Однако волжская водоросль отличалась от известных пресноводных видов даже по морфологическим признакам: у нее толстые (до 200 мкм) и совершенно не ветвящиеся нити из многоядерных клеток, без боковых ризоидов.

ДНК-исследования, проведенные совместно с коллегой из Ботанического сада Мейзе (Бельгия), поставили все точки над i. Они позволили уверенно классифицировать этот вид. Как оказалось, он не имеет близких родственников и поэтому был описан как новый для науки — Rhizoclonium volgense Vishnyakov et Leliaert, или волжский ризоклониум.

Начались многолетние поиски. В результате такие хетоморфоподобные водоросли были отмечены в Рыбинском, Горьковском и Чебоксарском водохранилищах в пределах Ярославской и Нижегородской областей. Местами они образовывали массовые волокнистые скопления (маты) или были примесью к другим нитчаткам. В большинстве случаев отличить их не составляло труда из-за более ярко-зеленой окраски и проволоковидному облику. Микроскопические исследования показали, что разные популяции могут отличаться друг от друга только по ширине нитей.

«Филогенетический анализ на основе фрагментов ядерной ДНК показал, что волжские образцы образуют единый и хорошо поддерживаемый кластер в роде Rhizoclonium,— рассказывает Василий Вишняков.— В настоящее время этот род включает около 30 видов, распространенных как в морских, так и пресноводных экосистемах, однако имеющиеся данные позволяют полагать, что много видов еще не описано формально». Ученый также учитывал экологические условия, из которых происходили образцы, взятые для филогенетического анализа, и выяснил, что многие родственные линии приурочены к морским или солоноватоводным условиям.

ФОТО ИЗ ЛИЧНОГО АРХИВА ВАСИЛИЯ ВИШНЯКОВА

_Массовое развитие ризоклониума в Рыбинском водохранилище

ФОТО ИЗ ЛИЧНОГО АРХИВА ВАСИЛИЯ ВИШНЯКОВА

_Нити водоросли на малом увеличении микроскопа

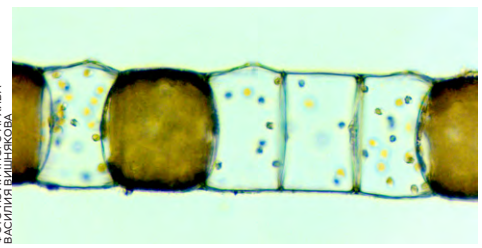


ФОТО ИЗ ЛИЧНОГО АРХИВА ВАСИЛИЯ ВИШНЯКОВА

_Размножение зооспорами

ФОТО ИЗ ЛИЧНОГО АРХИВА ВАСИЛИЯ ВИШНЯКОВА

_Проросток из зооспоры с первичным ризоидом

Чем же этот вид водорослей отличается от ранее известных? Типичные ризоклониумы характеризуются тонкими нитями (не более 30 мкм шириной), малым числом ядер (1-4 на клетку) и наличием боковых ризоидов. По сравнению с ними новый вид просто гигант. По многоядерности и отсутствию боковых ризоидов он очень напоминает морские виды Chaetomorpha, но ДНК-анализ позволяет их легко отграничить. Из пресных вод было описано несколько видов в роде Chaetomorpha, однако все они требуют специального таксономического изучения, так как наверняка представляют собой экологические формы Cladophora или других родов.

Возникает интригующий вопрос: существовал ли этот вид в Волге всегда или появился недавно? В научной литературе сколько-нибудь похожие на новый вид водоросли из Волги не упоминаются. Впрочем, учитывая, что нитчаткам, как и всем донным водорослям Волги, традиционно уделялось мало внимания, можно предположить, что вид был, но долгое время оставался нераспознанным. Однако интересно, что он не встречается в других типах водоемов Волжского бассейна, то есть небольших реках, озерах, прудах. Нет его и в старых научных гербариях по этому региону.

Так может быть, новый вид появился здесь из-за глобального потепления или антропогенного воздействия? По словам Василия Вишнякова, альгофлора, или флора водорослей Волги в целом, действительно, меняется в результате как потепления, так и антропогенного воздействия. Эти факторы действуют совместно, накладываясь друг на друга. Коренное изменение человеком гидрологического режима реки в XX веке — эта главная причина изменения состава и структуры водорослевых сообществ. Однако пока намного больше данных о микроводорослях, которые встречаются в планктоне, в то время как донные водоросли изучены очень слабо. Примечательно, что во многих местах, где был собран ризоклониум, выпускают коммунально-бытовые сточные воды.

Описание нового вида существенно расширило морфологическую характеристику рода ризоклониум, а филогенетические анализы подтвердили, что признаки, традиционно считавшиеся важными, проявляются у кладофоровых независимо. Это так называемая параллельная эволюция. Иными словами, это усложняет наши представления о систематике семейства и вызывает необходимость широкого внедрения молекулярно-генетических методов в работу гидробиологов для корректной идентификации видов.

Открытие может иметь и прикладное значение. Если исследования покажут приуроченность нового вида к загрязненным водам, его можно использовать в качестве индикатора качества воды. В любом случае массовое развитие ризоклониума, как и других однолетних нитчаток, свидетельствует о повышении биогенной нагрузки и должно вызывать обеспокоенность: в конце вегетационного периода, после отмирания, биомасса нитчаток остается в водоеме, и ее разложение приводит к вторичному загрязнению.

Подготовила НАТАЛИЯ ЛЕСКОВА

Все фото из личного архива Василия Вишнякова.

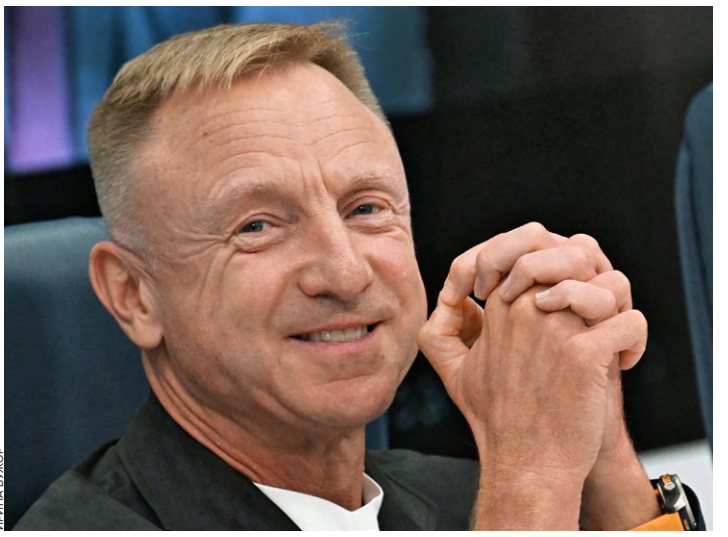
Дмитрий Ливанов: мы живем под девизом «в жизнь!»

О сегодняшних школьниках и студентах, о том, в каком направлении развивается МФТИ, о планах на 60 гектаров будущего с ректором Физтеха Дмитрием Ливановым побеседовали Егор Быковский и Елена Пенская.

Егор Быковский, Елена Пенская: Расширение Физтеха за последние годы со стороны кажется взрывным. Одно событие за другим. Новые лаборатории, центры, институты. Ходят слухи о том, что институт увеличится во всех направлениях, на сотни гектар, на тысячи пропусков. Что происходит? Как бы вы могли это прокомментировать?

Дмитрий Ливанов: Физтех выбрал в 2021 году новую стратегию развития, которая нацелена на создание передовых институтов прикладной науки, прикладных исследований. По сути, мы сегодня живем под девизом «в жизнь». С одной стороны, это возврат к той изначальной идее, для и ради которой был создан Физтех. С другой стороны, это ответ на вызовы нашего времени, потому что ключевые задачи, которые сегодня перед страной стоят, находятся в плоскости быстрого создания и применения в разных отраслях промышленности конкурентоспособных технологий. Именно этим и занимается Физтех.

Поскольку запрос на эти работы сегодня очень высок и со стороны государства, и со стороны индустрии, то МФТИ, отвечая на этот запрос, расширяется, создает новые прикладные институты, создает «Долину Физтеха» для размещения высокотехнологичных производств. При этом объемы образовательной деятельности Физтеха не увеличиваются. Хочу это специально подчеркнуть.


ИРИНА БУЖОР

Физтех выбрал в 2021 году новую стратегию развития, которая нацелена на создание передовых институтов прикладной науки, прикладных исследований. По сути, мы сегодня живем под девизом «в жизнь». С одной стороны, это возврат к той изначальной идее, для и ради которой был создан Физтех. С другой стороны, это ответ на вызовы нашего времени

Егор Быковский: Когда вы сказали об изначальной идее, для которой был создан Физтех, как бы вы ее сформулировали для читателей? Какая она была?

Дмитрий Ливанов: Эта идея состояла в подготовке нового поколения ученых и инженеров, способных осуществлять крупные национальные технологические проекты. В середине XX века, когда Физтех создавался, таких проектов было два: атомный и космический. И выпускники Физтеха внесли выдающийся вклад в тот и в другой.

А сегодня задачи по масштабу и по значимости сопоставимы, но проекты другие. Они связаны с новыми индустриями, растущими и у нас в стране, и во всем мире, и с догоняющим развитием в некоторых направлениях, где мы серьезно отстали.

Егор Быковский, Елена Пенская: Какие конкретные результаты в образовании и науке мы ожидаем и как они соотносятся со структурой научно-образовательного рынка и запросами работодателей сегодня?

Дмитрий Ливанов: В области образования мы ежегодно набираем на первый курс самых талантливых выпускников школ со всей страны, которые проявили выдающиеся результаты в изучении физики, математики, информатики, биологии и химии. А на выходе, то есть после завершения образования на Физтехе, эти люди формируют научную, инженерную и предпринимательскую элиту.

В этом смысле наша образовательная стратегия за последние 75 лет не изменилась, за исключением предпринимательства, которого, конечно, в XX веке в Советском Союзе скорее не было. Хотя «предпринимательство» — слово широкого смысла. Королёв тоже был технологическим предпринимателем в другой социально-экономической среде, потому что ему было необходимо сформировать технологическую базу, подготовить людей и осуществить значимый технологический проект.

Что касается новых научно-технологических задач, то их круг можно определить из названий тех крупных прикладных институтов, созданных у нас на Физтехе за последние три года. Это Институт квантовых технологий, Институт электродвижения, Институт искусственного интеллекта, Институт биофизики будущего и Институт цифрового неба. Можно расширять описание, но по сути из названий этих институтов вытекают и целевые индустрии, в интересах которых эти институты будут работать, и их перспективная исследовательская повестка.

Егор Быковский: Институт неба — последний в перечне, а после него что-нибудь еще будет?

Дмитрий Ливанов: Пока мы остановились на этих пяти. И с моей точки зрения, эти технологические фронтиры не только на горизонте 10 лет, а на значительно более удаленном, 50–100 лет, определят развитие и нашей страны, и нашей цивилизации.

Елена Пенская, Егор Быковский: Включается ли работа со средним образовательным звеном, со школами в этот интенсивный процесс развития? Как Физтех с ними взаимодействует?

Дмитрий Ливанов: В числе своих основных миссий Физтех традиционно ориентирован на продвижение и повышение уровня школьного физико-математического образования. Сейчас это особенно актуально, поскольку за последние 25–30 лет уровень этого образования перестал соответствовать современным запросам. Нельзя сказать, что он упал, но запросы и требования к знаниям и способностям выпускников школ и университетов сильно выросли. Поэтому сейчас мы расширяем эту деятельность, добавляя к тем традиционным инструментам взаимодействия с системой школьного образования, что у Физтеха были всегда,— например, заочная физтех-школа или журнал «Квант» — новые. В основном это связано с поддержкой преподавания физики, математики, информатики, биологии, химии в школах, как в онлайн-форме, так и офлайн. Мы оказываем помощь методическую, организационную и в ряде случаев финансовую. В масштабный онлайн-проект, развиваемый у нас, сегодня вовлечены десятки тысяч школьников. Ряд проектов нацелен на стимулирование работы физмат-классов в конкретных школах в разных регионах Российской Федерации. Они формируют воронку для заинтересованных школьников, имеющих высокие образовательные результаты. Из них в дальнейшем складывается тот верхний отряд, что становится контингентом Физтеха.

Егор Быковский: Поддерживаются ли физмат-классы все подряд или существует список, куда попадают по каким-то определенным критериям?

Дмитрий Ливанов: Конечно, это конкурсная система. Проект называется «Науку в регионы». Он выстраивает систему взаимодействия с регионами с целью повышения качества школьного естественно-научного образования в партнерстве с компанией «Иннопрактика» и с региональными властями. Здесь очень важно объединять усилия. Поэтому реализуем эти проекты там, где мы получаем эту синергию от усилий разных партнеров.

Егор Быковский: Как Вы думаете, какую территорию физически будет занимать МФТИ лет через десять?

Дмитрий Ливанов: Кампус в Долгопрудном сегодня с учетом «Долины Физтеха» занимает примерно 60 га. Десять лет — это как раз тот срок, который потребуется на ее освоение. На ближайшие годы точно хватит этой территории для реализации наших планов.

Кузница профессионалов

Огромное значение для развития национальной экономики имеет сильная система среднего профессионального образования (СПО). Она готовит специалистов для самых перспективных сфер — от информационных технологий и медицины до агропромышленного комплекса. По федеральному проекту «Профессионалитет» система СПО получает поддержку крупнейших предприятий страны. С одной стороны, это выгодно студентам: они получают возможность трудоустроиться в крупные и успешные компании и госкорпорации, с другой — бизнес получает квалифицированные кадры, подготовленные с учетом реальных нужд производства.

В 2025 году система СПО отмечает 85-летие. Сегодня в России 3,9 млн студентов получают среднее профессиональное образование в 3200 колледжах. Развитие системы СПО и ее адаптацию под актуальные задачи экономики поддерживает стартовавший в 2022 году федеральный проект «Профессионалитет». В этом году он стал частью нацпроекта «Молодежь и дети», что открыло еще больше возможностей для подготовки квалифицированных специалистов.

«Профессионалитет» направлен на модернизацию системы СПО, его ключевые задачи — сделать обучение более практическим, сократить сроки образовательных программ и выстроить учебный процесс так, чтобы подготовка специалистов была синхронизирована с нуждами реального сектора экономики.

Как отмечает вице-премьер Дмитрий Чернышенко, «Профессионалитет» — одна из самых эффективных программ в сфере среднего профессионального образования. По федпроекту в стране создаются образовательные и образовательно-производственные кластеры. Они объединяют колледжи и работодателей из ключевых для регионов отраслей экономики. Студентам предлагают современные учебные программы, высокотехнологичное оборудование и гарантированное трудоустройство после выпуска. В 2025 году в 86 субъектах РФ работает 506 таких кластеров. Они охватывают 24 приоритетные отрасли — от машиностроения и IT до туризма и клинической медицины. К концу 2026 года к проекту присоединятся все 89 регионов страны.

Партнеры проекта — 2485 компаний. Они принимают непосредственное участие в разработке образовательных программ, предлагают практику и трудоустройство будущим специалистам.

За последние два года из колледжей—участников федерального проекта «Профессионалитет» выпустились 350 тыс. студентов. По программам «Профессионалитета» сегодня учатся более 1,8 млн человек.

Инвестиции в будущее отрасли

Представители ПАО «Газпром нефть» рассказали „Ъ“ о позитивном опыте сотрудничества с проектом.

«Первый выпуск по совместным программам „Газпром нефти“ и „Профессионалитета“ будет в ноябре 2025 года — это ускоренные программы обучения многопрофильного колледжа Тюменского индустриального университета. Следующий поток выпускников — в 2026 году — из многопрофильного колледжа Югорского государственного университета и Омского промышленного экономического колледжа»,— сообщили в компании.

Ректор Корпоративного университета «Газпром нефти» Илья Дементьев отметил, что партнерство компании с колледжами помогает не только обеспечивать высокую готовность выпускников к работе на производстве, но и активно развивать их потенциал.

«В рамках совместных программ мы создаем условия для их (студентов) адаптации и карьерного роста, включая стажировки и дополнительные образовательные курсы. Это инвестиции в будущее нашей отрасли и уверенность в том, что мы формируем команду профессионалов, готовых к вызовам современности»,— подчеркнул Илья Дементьев.

Уникальное оборудование

Подготовка кадров для железнодорожной отрасли, которая имеет стратегическое значение для экономики и обороноспособности страны. Сегодня отраслевые кластеры «Профессионалитета» есть в 14 российских регионах — от Ростова-на-Дону до Хабаровска. Ключевым партнером выступает ОАО «Российские железные дороги» (РЖД). Компания помогает оснащать колледжи и техникумы, разрабатывать образовательные программы, гарантирует выпускникам трудоустройство и поддерживает их во время обучения.

Студенты учатся на самом современном и часто уникальном оборудовании, которое точно воспроизводит реальные рабочие места. Это, в частности, тренажеры-симуляторы — полноразмерные и полнофункциональные кабины локомотивов, а также рабочие места диспетчеров. На них отрабатывают управление движением поездов и действия в аварийных ситуациях. Выпускники, прошедшие обучение на таких тренажерах, готовы к работе на реальном составе.

РЖД участвует в 16 железнодорожных и двух транспортных кластерах, в ближайшие годы откроются еще пять, в том числе в Санкт-Петербурге, Красноярске и Ульяновске. Сейчас по программам «Профессионалитета» обучаются 3935 будущих железнодорожников, из них 2436 — целевики, то есть студенты, которые гарантированно получат работу в РЖД.

Традиционные отрасли становятся привлекательными

«Профессионалитет» меняет ключевые для отраслей российской экономики профессии. В частности, по федеральному проекту готовят высококлассных специалистов лесной и сельскохозяйственной отраслей.

Например, в Павловском аграрном техникуме создан кластер «Лесная промышленность Алтайского края». Его главный партнер — холдинг «Алтайлес». Компания помогла оборудовать современный учебный класс и приобрела симулятор для заготовки леса. Студенты отмечают, что степень его реалистичности — 99%. Сегодня 75 будущих специалистов учатся под руководством опытного лесовода — работника холдинга.

В Волгоградской области на базе Новоаннинского сельскохозяйственного колледжа открылся современный кластер, который уже сотрудничает с пятью крупными предприятиями. Колледж оснащен современным оборудованием: здесь есть тренажеры комбайна и трактора, экспресс-лаборатория для анализа свойств удобрений, агродроны, шкаф шоковой заморозки и 3D-принтер.

«Стали самыми опытными»

Металлургической отрасли тоже нужно много квалифицированных специалистов. В 15 регионах страны создано 26 металлургических кластеров «Профессионалитета». В числе ключевых компаний-работодателей, участвующих в проекте,— НЛМК, «Северсталь», ММК, «Русал». Они обеспечивают колледжи современными тренажерами, которые имитируют работу сталеплавильных печей и прокатных станов, а также системами автоматического контроля качества. Как рассказала „Ъ“ начальник управления по привлечению талантов «Северстали» Анастасия Кожемякина, компания с 2022 года активно поддерживает реализацию проекта «Профессионалитет» в Череповце. «В 2025 году дипломы получили 342 первых выпускника программы по 19 направлениям подготовки. Более 100 выпускников по окончании колледжа были призваны на срочную службу в российскую армию. Всех их компания ждет сразу по окончании службы. Остальные выпускники трудоустроены в „Северсталь“ в соответствии с полученной квалификацией: операторы и вальцовщики прокатных станов, подручные сталевара, электромонтеры, станочники, сварщики, слесари-ремонтники, машинисты крана»,— прокомментировала Анастасия Кожемякина.

В свою очередь, руководитель направления по работе с молодыми талантами «Северстали» Светлана Барабанцева отметила, что многие выпускники «Профессионалитета» были трудоустроены еще на последнем курсе и уже успели повысить компетентные навыки, сделав первые шаги в профессиональной карьере. «Среди всех выпускников они стали самыми опытными и уже работают без наставников, самостоятельно. Даже самые молодые студенты активно влились в рабочие процессы и постепенно становятся востребованными специалистами»,— отметила Светлана Барабанцева.

СЕРГЕЙ ПЕТРОВ

Академик Борис Шустов: мы стали людьми, потому что начали смотреть на звезды

Что такое астероиды? Чем они отличаются от малых планет и друг от друга? Всегда ли они огромного размера? Грозит ли Земле в скором будущем падение такого «небесного гостя»? Как этого избежать? Правда ли, что именно астероиды «отвечают» за перенос жизни по Вселенной? Об этом — академик Борис Шустов, научный руководитель Института астрономии РАН.

АНТОН ВЕЛИКЖАНИН

От пыли до планеты

— Борис Михайлович, мы привыкли думать, что астероид — это нечто грандиозное, способное разрушить всю планету целиком. Но, оказывается, астероиды бывают и совсем небольшие, около метра в диаметре. Это правда?

— Действительно, у многих людей сложились смутные представления не только об астероидах, но и о нашей Солнечной системе в целом. Все знают, что есть Солнце, восемь планет. Но население Солнечной системы гораздо более многообразно. Помимо крупных планет и их спутников в этом совсем не пустом пространстве летает огромное количество малых тел. Малые тела — это карликовые планеты, кометы, астероиды, метеороиды и межпланетная пыль. До недавнего времени эти понятия были несколько расплывчатыми, но недавно астрономы договорились, как классифицировать эти тела хотя бы по размеру. Согласно документам Международного астрономического союза, карликовая планета — это крупное тело, гравитация которого достаточно сильна, чтобы тело имело форму, близкую к сферической, но недостаточна, чтобы расчистить область своей орбиты от других объектов. Самый известный пример карликовой планеты — это Плутон. Размеры карликовой планеты — от примерно тысячи до двух с половиной тысяч километров. Многочисленные каменистые тела размером от 1 м до нижней границы размера карликовых планет — это астероиды. Если такое тело проявляет признаки кометной активности — образование хвоста, комы и т. д., то это комета. Если тело больше 30 микрон, но меньше 1 м, то его классифицируют как метеороид. Это слово широкой публике менее знакомо, хотя метеороидов намного больше, чем астероидов и комет. Дело в том, что метеороиды слишком малы и их невозможно увидеть даже с самыми мощными телескопами, а значит, в СМИ нет красивых фото, привлекающих внимание людей. Лишь когда метеороиды входят в атмосферу Земли, а эти события нередки, мы наблюдаем финальную фазу их существования — эффектное явление болида или метеора. А те твердые частицы, что меньше 30 мкм,— это межпланетная пыль. Парадоксально, но облако этих бесчисленных микроскопических тел мы можем наблюдать даже невооруженным глазом! Это зодиакальный свет, по яркости сравнимый с яркостью Млечного пути. Правда, в современном мире многие жители городов никогда не видели ни того ни другого, в то время как явление метеора или болида хотя бы раз видел каждый.

— Глядя на которое мы загадываем желание?

—Явление метеора настолько неожиданное и скоротечное, что люди обычно ничего не успевают загадать. Правда, когда в атмосферу входит крупный метеороид или даже астероид (кстати, тело, столкнувшееся с Землей 15 февраля 2013 года в районе Челябинска, было именно астероидом), то явление очень яркого болида (суперболида) может наблюдаться в течение нескольких секунд, причем может создаваться освещение, сравнимое с солнечным.

> Лишь когда метеороиды входят в атмосферу Земли, а эти события нередки, мы наблюдаем финальную фазу их существования — эффектное явление болида или метеора.

Катастрофы были и будут

— Все ли достаточно крупные астероиды известны астрономам?

— Важный вопрос, один из вызовов в науке. Сейчас наши средства наблюдения позволяют выявить хоть и не все, но более 95% астероидов размером более 1 км. Больше всего астероидов наблюдают в Главном поясе астероидов, области между Марсом и Юпитером, где находится очень много таких тел. Миллиарды лет они летают по орбитам, близким к круговым. Отсюда за счет сложных динамических эффектов или просто из-за столкновений, которые происходят постоянно, некоторые тела переходят на вытянутые (эллиптические) орбиты. Причем вытянутые настолько, что они заходят даже внутрь орбиты Земли, а значит, возможны столкновения астероидов с нашей планетой. Такие тела называются астероидами, сближающимися с Землей. Они представляют наибольший интерес в контексте астероидно-кометной опасности. Последствия столкновений могут быть очень серьезными, вплоть до уничтожения цивилизации и даже всей биоты.

— Такие катастрофы на Земле уже были?

— Были и будут, надо смотреть на вещи реалистично. Мы знаем, что на Земле есть следы падения крупных тел. Все слышали про вымирание динозавров 65 млн лет назад. Тогда крупное тело порядка 10 км упало в районе Юкатана в Мексике, создав кратер диаметром почти 200 км, и в результате произошла глобальная катастрофа с вымиранием не только динозавров. Считается, что 75% биоты тогда погибло. Такие столкновения, конечно, очень редки — происходят раз примерно в 100 млн лет.

— Но все-таки полностью уничтожить все живое обычно не удается...

— Жизнь трудно «сделать», но еще труднее уничтожить. Микроорганизмы находят в недрах Земли на глубинах во много километров в шахтах, близ жерл подводных вулканов и даже чуть ли не в космосе. Высокоорганизованная жизнь

более уязвима. Человек живет в среднем до 100 лет. Конечно, отдельного человека больше всего интересует этот масштаб. Но если не быть эгоистом, а мыслить в масштабах цивилизации (развитого технологического общества), то, пожалуй, характерную шкалу времени практического интереса можно принять равной примерно 1000 лет. Если кто-то озабочен биологической судьбой вида homo sapiens, то речь будет о более длинном интервале времени, примерно 100 тыс. лет.

— Что можно ожидать на этом интервале?

— Конечно, мелочь вроде Челябинского или Тунгусского тел будет падать часто.

— Тунгусское тело — мелочь?

— Тунгусское тело имело размер около 50 м. По астрономическим понятиям — да, оно небольшое, хотя если бы там, где оно упало, были населенные пункты, то мало бы не показалось. Площадь тотального поражения сравнима с площадью Москвы. По нашим оценкам, тела размером в 50 м падают на Землю с частотой раз в 1000 лет. Такие, как Челябинское, намного чаще — раз в 50 лет. 100 тыс. лет — это интервал времени между падениями тел диаметром в несколько сотен метров. Поэтому, когда мы говорим, что занимаемся астероидно-кометной опасностью, то в основном концентрируем внимание на изучении таких тел — от 10 м до 500 м, а когда мы рассматриваем практические аспекты, то ограничиваемся интервалом времени в 1000 лет и размерами астероидов 10–50 м.

— Как вы узнаете частоту падения разных тел?

— Установить, с какой частотой и какие тела падали на Землю, довольно трудно, поскольку тут работают различные эрозионные факторы — вода, ветер, геологическая активность,— искажающие статистику. Но у нас есть замечательный «журнал» — Луна. Там нет атмосферы, геологически она пассивна, соответственно, нет и этих факторов. Разве что на ударный кратер упадет следующий метеорит и будет наслоение кратеров разного возраста. Но ученые научились определять хронологию столкновений. Показано, что в последние 3 млрд лет падение тел размером более 50 м на Луну (а значит, и на Землю) происходило примерно в одном темпе. Завтра это не прекратится, и в следующие 3 млрд лет будет то же самое. Эта история для человечества навсегда, и мы должны ею заниматься.

АНТОН ВЕЛИКЖАНИН

Скорее всего, в ближайшие десятилетия упадет тело типа Челябинского. Страшно ли это? Главная характеристика такого события — это энергия.

— Есть ли какие-то реальные опасности из космоса, которые нам грозят в ближайшее время?

— Если речь про астероиды, то, скорее всего, в ближайшие десятилетия упадет тело типа Челябинского. Страшно ли это? Главная характеристика такого события — это энергия. Например, энергия Челябинского тела оценивается в 400 килотонн тринитротолуола. Это 20 бомб, сброшенных на Хиросиму. За прошедшие 12 лет случались события поменьше масштабом. Например, Камчатское событие, когда тело взорвалось в атмосфере с энергией почти в три Хиросимы, но была сильная облачность, и с Земли ничего не увидели, только со спутников. Похожих событий было несколько, и все произошли в ненаселенных местах. Поэтому говорить о постоянной и непрерывной опасности нельзя. Земля не так уж плотно населена. Океаны, пустыни, горы, гигантские болота — их площадь существенно больше площади населенных мест. Поэтому чаще падения будут без тяжелых последствий. Но есть один момент, который я подчеркну: дело в том, что о входе в атмосферу таких малых тел мы заранее не знаем.

— И не можем спрогнозировать, как оно себя поведет?

— Да. Мы отслеживаем почти все крупные (крупнее одного километра) тела, прогнозируем их движение и знаем, что ни одно из них не упадет на Землю в ближайшие тысячи лет. А с более мелкими телами сложнее. Мы их не видим, и нужно создавать специальные системы, которых пока нет на Земле. Мы пока только работаем над этим. Поэтому такие «нежданчики», как Челябинское событие, вполне могут случаться.

Удар по астероиду

— Если вы поняли, что тот или иной астероид летит в нашу сторону, можем ли мы что-то сделать?

— Можем. Нужно иметь службу, которая предупреждала бы людей, что через день-два состоится такое событие. Если в Челябинске предупредили бы, что будет падение, люди знали бы, что случится воздушный взрыв, будет ударная волна и не надо подходить к окнам. Это меры гражданской обороны. Надо просто предупреждать и инструктировать, что делать. Ничего другого тут не успеешь.

А с более крупными телами по-другому. Есть несколько вариантов действий, около десятка, все они делятся на два класса: отклонение и разрушение. Если мы видим астероид заранее, можем просчитать его орбиту и понимаем, что через десять лет он может столкнуться с Землей и вероятность столкновения нас не устраивает, то можем заблаговременно попытаться отклонить этот астероид, увести с опасной орбиты.

— Как это сделать?

— Обсуждаются и даже отрабатываются различные технологии отклонения. Например, был проведен эксперимент DART по изменению орбиты астероида Дидим. DART — это американский аппарат массой 600 кг, он выполнил роль кинетического оружия, ударника, который на скорости 6 км/сек. ударил в спутник астероида.

— Почему в спутник?

— Выбрали двойной астероид Дидим. Вокруг астероида размером около 800 м вращается спутник, тоже астероид, но поменьше — 150 м. Период обращения спутника измеряется очень точно. Изменить орбиту, а значит, и период обращения спутника проще, чем орбиту крупного астероида. Удар произошел в малый астероид, и он изменил свой период на очень заметную величину. В разы больше, чем ожидалось.

— Но почему больше?

— Потому что там достаточно сложная механика. Если вы рассматриваете столкновение абсолютно упругих шаров, например стальных, то там все считается просто. А здесь гораздо сложнее, поскольку при ударе происходит выброс вещества. Вы не знаете точно, сколько будет выброшено, но этот выброс создает определенный ракетный эффект. Эффективность изменения орбиты в результате получается много выше, чем при обычном упругом ударе.

— Наверное, это плохо, что рассчитали по-одному, а получилось по-другому?

— Это нормально, на то и натурный эксперимент. Но есть и другие способы отклонения. Можно, например, произвести надповерхностный взрыв, который выбросит часть вещества. Другой вариант — это разрушение. Это когда уже поздно отклонять и пора «включать Брюса Уиллиса», то есть разрушить, взорвать, расчленить. Такое нужно, чтобы летело не сплошным телом, а рассыпалось на рой мелких, возможно, менее опасных осколков. Такие способы отрабатываются пока теоретически, поскольку здесь нужно оружие ядерного типа, а с выводом его в космос большие проблемы.

— Да и не хотелось бы выводить ядерное оружие в космос.

— В 1990 году прошлого века в Снежинске была группа, которая занималась этой темой. Тогда мы еще дружили с американцами, на конференцию по защите от астероидов приезжал «отец» водородной бомбы Эдвард Теллер, мы вместе обсуждали, как разрушать астероиды. Пока что технология этого типа оружейного воздействия не отработана. Точно предсказать, что произойдет, невозможно, не зная свойств астероида-мишени, а это типичная ситуация. Считается, что 100-метровый астероид можно разрушить,

а уже 500-метровый — нет: современные технологии не позволяют.

— Во многих фантастических фильмах какой-нибудь астроном-одиночка неожиданно для всех видит, что к нам совсем близко что-то огромное подлетело и почему-то никто этого не заметил. Такое может быть?

— Может, но не огромное, и это тело может не заметить вообще никто, пока оно не войдет в атмосферу. Так Челябинское и было. Кстати, это произошло, когда в ООН, в Вене, обсуждали астероидно-кометную опасность. Я участвовал в этом заседании как представитель Академии наук нашей страны. В Челябинске было девять утра, в Вене — очень раннее утро, практически ночь, и вот прилетело. Почти сразу я начал получать звонки «сверху»: почему астрономы не предупредили? А мы не могли это сделать: просто не было, да и сейчас нет технических средств и соответствующей службы. У нас всегда так: гром грянул, значит, нужно срочно креститься.

— Но вы пытаетесь что-то сделать?

— Эту тематику сейчас пытаемся поднять до уровня «Роскосмоса», то есть государственной структуры. Проблему астероидно-кометной опасности там, в общем, признают наравне с космическим мусором, космической погодой, и даже была попытка включить эту тему в серьезную программу, но дело идет как в песне: «речка движется и не движется».

Польза из космоса

— Наверняка астероиды представляют собой не только опасность, но и чем-то важны, полезны?

— Конечно. Почти любое явление имеет две стороны — дуализм всегда присутствует. Как поется в одной из песен Розенбаума: без мрака нету света, без горя нет удач. Вот и астероиды: с одной стороны, опасность, с другой — источник космических ресурсов. Эта тема кажется фантастической, но на самом деле в это направление уже вкладывают заметные средства. Богатые страны, у которых есть свободные деньги и которые думают не на три года вперед, а в масштабе 100 лет или больше, уже задумываются о том, что некоторые ценные ресурсы нашей планеты исчерпаемы, причем в близком будущем. А тут оказывается, что на астероидах чего только нет. Кстати, лунная гонка, которая сейчас идет с нарастанием, в значительной степени стимулируется представлением о том, что астероиды принесли на Луну ценные минералы, которые будут для нас полезны. Это прежде всего металлы, в том числе платиновой группы и редкоземельные, которые наиболее интенсивно используются в микроэлектронике, а разведанные запасы недостаточно велики. Говорят, например, что ниобия у нас осталось на 20 лет.

— Так эти минеральные ресурсы будут брать с Луны?

— В том числе. Кстати, считается, что даже на Земле ряд месторождений — это результат падений астероидов.

— А на самих астероидах?

— В конце 2023 года к астероиду Психея полетел американский аппарат, который тоже так называется. Считается, что этот астероид металлический. Если бы такая гора лежала где-то здесь, она бы обеспечила человечество на огромное количество лет вперед и железом, и никелем, и редкоземельными. Но все это находится в космосе. Как взять? Много разных вариантов. И это уже не фантастика, это реальные проработки, которые ведутся в богатых странах (Люксембург, ОАЭ, США и др.). Помимо металлов один из главных и, может, даже главный ресурс — это вода.

— Неужели мы будем возить воду из космоса?

— Дело вот в чем. Некоторые астероиды содержат достаточно большое количество воды. Вода необязательно, как лед или снег, лежит на поверхности, она может входить в состав минералов, но при нагреве испаряться. Скажем, астероиды класса C (углистые) содержат аж до 30% такой воды. Технологии, как добывать воду, сейчас отрабатываются в лабораториях. Вода нужна не столько для питья или для умывания, это прежде всего топливо.

Что такое жизнь и как она формируется — тема для отдельного, я бы сказал, бесконечного разговора. Но то, что органика в космосе присутствует, и не только на астероидах, факт.

АНТОН ВЕЛИЖАНИН

Если вы хотите покорять Солнечную систему, вам нужно топливо. Но вода — это не само топливо, а некий концентрат его элементов. Процесс простой: есть бесплатная и постоянная солнечная энергия, за счет которой вы можете разлагать воду на водород и кислород, а это уже компоненты мощного топлива, которое позволяет совершать достаточно быстрые межпланетные путешествия.

— Я сразу представила себе гигантские космические водовозы...

— Вода — это ценнее, чем золото. Но когда говорят о минеральных ресурсах, я всегда подчеркиваю: ресурсы не ограничиваются только минеральными. Астероиды могут быть использованы как ресурс средства защиты. Представьте, что вам нужно пролететь довольно большое расстояние в космосе — скажем, между планетами, к Солнцу и т. д. Для этого помимо всего прочего обязательно нужно иметь защиту от космической радиации. Пока эта проблема не решена, и полет человека к Марсу на данный момент нереален.

— Как же астероид может защитить? Как зонтик?

— Почти. Вы закапываетесь в астероид, и уже метровый слой этого вещества будет отличным защитным экраном.

— И лететь на Марс вместе с этим астероидом?

— Может, на Марс, а может, еще дальше. Вы в этом астероиде будете защищены. А если астероид подходящего состава, то «по дороге» можно разрабатывать его ресурсы. Кто-то скажет: что за выдумки! Но через некоторое время это перестанет быть фантастикой. Это, конечно, дорого. Но представьте себе развитие космического транспорта. Если запуск килограмма полезной нагрузки стоил в начале космической эры многие десятки тысяч долларов, то постепенно стоимость снижалась, и сейчас, например, у Маска цель — снизить стоимость вывода килограмма до нескольких сотен долларов. Если вывод в космос станет совсем дешевым, а стоимость материалов, которые мы ожидаем получить из-за их дефицита на Земле, вырастет, то добыча ресурсов в космосе станет реальностью нашей жизни.

Как мы сюда попали

— Многие исследователи считают, что именно астероиды стали разносчиками строительного материала для формирования жизни на нашей планете. Это так?

— Астрономы умеют анализировать спектры астероидов — солнечный свет, отраженный от астероидов. Солнечный спектр мы хорошо знаем, а когда этот свет отражается от поверхности, он содержит информацию о ней. Отсюда мы делаем выводы о том, что этот астероид, скорее всего, металлический, этот — углистый и т. д. По спектрам мы также определяем, что на многих астероидах есть органика.

— Но это ведь еще не значит, что там есть жизнь.

— Не значит. Что такое жизнь и как она формируется — тема для отдельного, я бы сказал, бесконечного разговора. Но то, что органика в космосе присутствует, и не только на астероидах, факт. Долгое время считалось, что на астероидах, когда они падают на Землю, ничего органического сохраняться не может, но сейчас эта точка зрения изменилась. Один только пример: в Институте медико-биологических проблем РАН был проведен эксперимент. В двух словах его суть: внутрь камня были помещены культуры микроорганизмов. Камень был доставлен в космос и сброшен оттуда на Землю. Пролетел через атмосферу, обгорел снаружи, частично расплавился, испарился, а внутри сохранились живые микроорганизмы. Оказалось, что они очень стойко переносят космические условия. А еще был первый эксперимент «Биориск», когда на внешних панелях МКС были выставлены в космос и экспонировались более 30 месяцев различные микроорганизмы, семена растений и даже высшие организмы — рачки. Когда они были возвращены в нормальные условия, оказалось, что большая часть образцов выжила.

— Почему бы тогда не предположить, что такие микроорганизмы есть на астероидах?

— Мы не можем этого исключить. Гипотеза о том, что эти большие каменюги, а также кометы, которые летают в космосе, не абсолютно безжизненны, вполне дискутируема. Причем летают такие переносчики жизни не только в Солнечной системе — они могут путешествовать и меж звезд.

— Многие думают, что астрономия — очень непрактичная, далекая от земной жизни наука. Но получается, это совсем не так. Она и от космических опасностей может уберечь, и ресурсы поможет найти...

— Да, а еще может помочь ответить на вопрос, кто мы и как сюда попали. Астрономия — мировоззренческая наука. Я уверен, что люди стали теми, кто они есть, в тот момент, когда начали смотреть на звезды.

Беседовала НАТАЛИЯ ЛЕСКОВА

Академик Борис Шустов:
«Нужно иметь службу, которая предупреждала бы людей, что через день-два состоится такое событие. Если в Челябинске предупредили бы, что будет падение, люди знали бы, что случится воздушный взрыв, будет ударная волна и не надо подходить к окнам. Это меры гражданской обороны. Надо просто предупреждать и инструктировать, что делать»

АНТОН ВЕЛИКЖАНИН