

Академик Олег Фиговский.

## ПРОЙДЕНА ЛИ ТОЧКА СПАДА И НАЧНЕТСЯ ЛИ ВОЗРОЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ НАУКИ?

После выборов нового президента РАН самое время обсудить перспективы развития науки в России. По сравнению с состоянием науки в СССР ее положение в России ухудшилось так сильно, что объяснение этому феномену найти непросто. Есть несколько очевидных причин видимого распада российской науки: резкое сокращение ее финансирования государством, массовый выезд научных работников за рубеж, падение престижа научной работы, снижение качества высшего образования и резкое снижение привлекательности научной работы в глазах молодежи. Но эти причины – только внешние проявления глубинных изменений, вызвавших этот букет симптомов тяжелой болезни, поразившей российскую науку.

Для сколько-нибудь достоверного прогноза развития науки в России необходимо, в первую очередь, выявить те базовые факторы, под действием которых появились и развиваются эти разнородные и разрушительные причины упадка науки. Ведь, например, сокращение государственного финансирования науки – не от бедности. В 2012 г. ВВП на душу населения (пересчитанный по паритету покупательной способности) был в 2.5 раза больше, чем в 1990 г. (т.е. перед распадом СССР) – \$23600 и \$9211 соответственно [1][2]. А финансирование науки и высшей школы с тех пор не увеличилось, а уменьшилось – и тоже в разы!

Согласно рейтингу публикационной активности научных организаций, подготовленным **Nature Publishing Group**, Российская академия наук оказалась на 193-м месте из 200; академик РАН Николай Лавёров считает, что в академии очень плохо поставлена информационная работа: «Хотя мы издаем 64 журнала в английской версии, но тиражи их — 500, 300 экземпляров. Колоссальная недостаточность информационной политики, которую мы сейчас ведем. Это первая причина. Все сейчас владеют английским языком, и все, что печатается на английском языке, то и учитывается. Нужно подумать спокойно, в чем же причина. **Реальная причина в том, что нет реального контакта между учеными России и мировым научным сообществом**".

Как считает профессор Виктор Луговской, для понимания причин трагедии современной российской науки надо ответить на основной вопрос – какие функции выполняет наука в современной развитой стране. Вторая мировая война была переломным моментом в формировании нового положения науки в обществе. В течение многих столетий занятие наукой было в основном уделом энтузиастов-одиночек, которые в малой степени поддерживались государством и бизнесом. Уровень и военной и гражданской техники очень мало зависел от достижений науки, и поэтому правящие и деловые элиты обращали мало внимания на ее развитие. Для второй мировой войны было характерно вложение огромных средств в научные исследования для военных целей. К этому времени мировая наука была уже достаточно развита для гигантского скачка. И в период войны – т.е. всего за несколько лет – были разработаны радар и реактивные снаряды и самолеты, технологии массового производства антибиотиков, кумулятивные снаряды и атомная бомба. Перечень военных и технологических достижений военных лет, связанных с получением новых научных результатов можно продолжать и он займет несколько страниц. Но основным результатом этого научно-технологического рывка было понимание огромной

эффективности вложения средств в науку, как с точки зрения военной, так и гражданской продукции.

При этом было показано, что в развитии человечества наступило время, когда самые абстрактные результаты фундаментальных наук могут очень быстро воплощаться в непосредственные промышленные результаты. Так, достижения абстрактной теории чисел начали широко использоваться в криптографии и кодировании, алгебра Буля, про которую Гильберт сказал, что она никогда не найдет практического применения, стала основой инженерных расчетов компьютеров и схем управления, результаты математической лингвистики стали базой программ перевода текстов, а на основе генетических исследований прошла революция в продуктивности сельского хозяйства. По оценке профессора Виктора Луговского, СССР стал в послевоенном мире второй сверхдержавой, наука занимала такое же положение, как в других развитых странах мира. Поддержание престижа сверхдержавы и геополитические и идеологические амбиции заставляли правящую элиту СССР качественно и количественно наращивать вооруженные силы и обеспечивать рост военной промышленности и тех отраслей, на которые эта промышленность опиралась. А этими отраслями был практически весь металлургический и машиностроительный комплекс.

Было создано большое количество государственных научных центров, в которых проводился широкий круг прикладных исследований для нужд военных и сопутствующих промышленных отраслей. Многочисленные институты Академии Наук СССР обеспечивали выполнение исследований в области фундаментальных наук, т.к. было четкое понимание необходимости этих исследований для перспективных прикладных разработок. Финансирование этих разработок в масштабах государственного бюджета было достаточно щедрым, хотя и не всегда достаточным. Несмотря на очень низкую по западным нормам оплату научных работников, экономическое положение ученых на фоне общей нищеты населения выглядело очень хорошим, и наука была престижной и перспективной областью деятельности. В глазах правящей элиты наука была необходимым инструментом для решения базовых государственных задач и пользовалась поддержкой государства. Высшая школа, как единственный поставщик научных кадров финансировалась по тогдашним меркам также достаточно хорошо. «Утечки мозгов» в это время не было, т.к. границы были закрыты. Научное развитие замедлялось плотной идеологической опекой государства, обстановкой всеобщей секретности и практическим отрывом от мировой науки.

При развале СССР с советской наукой произошла катастрофа. Оставшись без Украины, Казахстана и Белоруссии, Россия полностью потеряла потенциал сверхдержавы – слишком сильно уменьшились хозяйственные, интеллектуальные и военные возможности. В десятилетие хаоса девяностых годов правящая элита перенацелилась с решения мировых проблем на укрепление в новых условиях собственных позиций и личное обогащение, а бизнес – на безвозмездное под лозунгом приватизации присвоение государственного имущества. Как резюмирует профессор Виктор Луговской, российская наука за это десятилетие понесла невосполнимые утраты. Финансирование науки практически прекратилось, и из нее ушла значительная часть активных исследователей – часть уехала за рубеж, часть ушла в бизнес. Достаточно сказать, что в 2004 г. по словам теперешнего зам. министра министерства образования и науки РФ Дмитрия Ливанова число занятых в науке в России составляло порядка 40% от уровня 90-х годов. При этом необходимо учитывать, что в это время темпы развития мировой науки были уже очень велики, и в научной работе участвовали огромные массы исследователей. В России же только немногочисленные энтузиасты продолжали свою работу, и в целом за эти десять лет россий-

ская наука потеряла свое лидирующее положение и перешла в разряд аутсайдеров. Подобная же ситуация была и в высшей школе, так что система подготовки научных кадров была в значительной степени разрушена.

В начале XXI века ситуация в Российской Федерации в достаточной степени стабилизировалась – образовались достаточно устойчивые властная и бизнес – элиты и был завершён процесс присвоения ими государственной собственности. Бизнес Российской Федерации, используя присвоенные им огромные хозяйственные мощности СССР, к началу XXI века оправился от хаоса девяностых годов и стал достаточно быстро развиваться, в основном, в направлении экспорта сырья – главным образом, газа, нефти и металлов. Правящей элите экспортно-сырьевое направление народного хозяйства страны было также удобно, так как оно минимизирует усилия по реанимации экономики, упрощает личное обогащение и обеспечивает достаточно длительный (до истощения сырьевых запасов) период относительного социального покоя. Производящие отрасли промышленности к этому времени уже не имели такого, как прежде, потенциала развития. Резкое сокращение бюджета страны не позволяло интенсивно развивать военные отрасли, а новое положение страны в международной политике не требовало поддержания высокого уровня боеспособности армии. Поэтому военные отрасли, которые были в СССР в определенном смысле «локомотивом» промышленного производства, отошли в новой России на второй и третий планы. В создавшейся политико-хозяйственной ситуации роль науки резко изменилась, наука уже не была нужна как обязательный составной элемент военного и гражданского производства, ибо с точки зрения базовых интересов государства наука, по-прежнему, оставалась необходимой и востребованной, но ни государственные структуры, ни бизнес не были готовы к большим вложениям средств в обновление и развитие науки.

Как уже говорилось выше, сырьевое направление экономики на ближайшие сорок-пятьдесят лет обеспечивало и обогащение властных структур и прибыли бизнеса. При этом средств хватало и на некоторое повышение уровня жизни населения, что в значительной степени предохраняло от социальных взрывов. Короче говоря, в создавшихся условиях наука как развитая и эффективная отрасль народного хозяйства стала ненужной. Также ненужной стала эффективно работающая система высшего образования. С точки зрения и государственных и бизнес-структур для относительно безбедного существования достаточно и тех рудиментарных остатков и науки и высшей школы, которые имеются в стране. Профессор Виктор Луговской делает вывод, что любые инновационные проекты и структурные реформы науки, которые сейчас обсуждаются и готовятся в России к выполнению, не меняют основной причины развала российской науки – политическому и бизнес-руководству страны мощная и эффективная наука – не нужна. Точнее, те волевые, интеллектуальные и материальные усилия, которые требуются от этих элит для восстановления науки и образования, неэффективны с точки зрения их внутренних интересов, и поэтому эти усилия прилагаться не будут. А без этих больших и длительных усилий реанимация российской науки невозможна.

Профессор Виктор Луговской в настоящее время является ведущим ученым Израиля и создал, в частности, эффективную start-уркомпанию, которая успешно осваивает передовые металлургические технологии, и поэтому его взгляд со стороны весьма точен и объективен. Я мог бы не согласиться с ним только в частности, так, например, Виктор Луговской не учитывает коррупционных явлений в российском обществе и науке. Хочется еще раз подчеркнуть, что на нового президента РАН Владимира Фортова возлагает надежды большинство активной части научного сообщества. Программа Фортова была самой содержательной из программ трех кан-

дидатов, и в ней был сформулирован ряд знаковых позиций: уменьшение бюрократической нагрузки, повышение финансовой и прочей прозрачности, конкурсное распределение средств на исследования, демократизация Академии. Но как пишет профессор Михаил Гельфанд, уже первые кадровые решения нового президента показали, что не все так просто. В частности, сохранил свой пост одиозный вице-президент Алдошин, герой позорного Петриковского скандала, а в последнее время — председатель комиссии, усмотревшей, что более 90% академических институтов работают на мировом уровне. Ясно, что это — следствие каких-то закулисных договоренностей (видимо, обеспечивших голосование за Фортова на бюро Отделения химии и наук о материалах). Кстати сказать, еще одна кандидатура от Фортова, хотя и не такая противоречивая, прямо нарушает его предвыборную программу, а именно, п. 5.2 («необходимо ввести жесткую систему ротации административных кадров: не более двух сроков по 5 лет ... вплоть до вице-президентов...»): В.В. Козлов является вице-президентом РАН с 2001 года. Вообще, было бы любопытно аккуратно проанализировать с этой точки зрения весь обновленный список членов президиума.

Впрочем, события развиваются с такой скоростью, что уже в ближайшие месяцы станет ясно, правы ли оптимисты, которые связывают с новым президентом надежды на реальное обновление академической политики и усматривают в выборе академиком наконец созревшее понимание необходимости перемен. Так, например, Отделение физических наук в очередной раз проявило характер и не утвердило М.В. Ковальчука в должности директора Института кристаллографии РАН. Причем дважды — несмотря на четкий приказ из президиума решение пересмотреть, оно было подтверждено. Каковы будут последствия этого решения мы, видимо, узнаем в ближайшем будущем, а пока что случилось феерически смешное интервью Ковальчука «Эху Москвы» и существенно менее смешная заметка в «Известиях», из которой стало известно, что коллектив ИКАНа настолько обиделся на академиком, что решил всем институтом из РАН выйти. Про коллектив тоже отдельная история, там дисциплина не хуже армейской, а про выход — это механизм знакомый: некоторое время назад президиум РАН в порыве щедрости передал в возглавляемый Ковальчуком Курчатовский центр Санкт-Петербургский институт ядерной физики. Впрочем, пока решили ограничиться полумерами: Отделение нанотехнологий и информационных технологий устами академика Жореса Алферова предложило перевести часть институтов из ОФН в ОНИТ. Тут уместно напомнить, что само это отделение было образовано, точнее, реорганизовано из Отделения информационных технологий и вычислительных систем после (вследствие?) того, что ОФН регулярно проваливало Ковальчука на выборах в академики, — Впрочем, ему это не помогло, и в 2008 году, с блеском пройдя голосование на отделении, он не получил достаточного количества голосов Общего собрания.

Не менее показательна отставка заместителя министра образования и науки И. И. Федюкина. Этому предшествовала массированная кампания в прессе и Госдуме, где его обвиняли во всех грехах, вплоть до подложного диплома о высшем образовании; и хотя немедленно выяснилось, что из-за ошибки канцелярии ровно такие же дипломы получили все выпускники РГГУ — однокурсники Федюкина, газета «Известия» не погнушалась повторить эту ложь в заметке об отставке. Понятно, что эта отставка связана с диссертационным скандалом. Деятельность министерства по выстраиванию системы научных аттестаций наложилась на активность блогеров и журналистов, обнаруживающих липовые диссертации у все новых депутатов и чиновников, и последние решили, что, убрав замминистра, который курировал эту тему, они смогут погасить волну. Впрочем, Сергей Пархоменко, один из лидеров сообщества «Диссернет», немедленно ответил в своем блоге: «Ужас будет продолжаться». Руководство РАН в ходе диссертационного скандала никак себя не про-

явилось. Отвечая на прямой вопрос, заданный на пресс-конференции вице-президент А.И. Некипелов вспомнил, как его самого обидели обвинениями в списывании, а помощник главного ученого секретаря В.В. Иванов повторил известный довод пойманных плагиатчиков о том, что «оценку должны давать квалифицированные люди». Кто бы спорил, но вот только почему-то не дают... Отставку же замминистра В.В. Иванов в своем блоге прокомментировал так: «А теперь объясню. Игорь Федюкин может стать хорошим специалистом. Американский диплом ничего не стоит - теперь ясно видно, что это полный отстой». Не менее показателен и отъезд профессора Сергея Гуриева; он тоже имеет отношение к науке — потому что причиной этому стало преследование Гуриева за участие в общественной экспертизе второго приговора Ходорковского и Лебедева: обыски и допросы; причем тут же выяснилось, что тянется это еще с прошлой осени и аналогичным преследованиям подвергаются другие юристы и экономисты, участвовавшие в экспертизе.

Как пишет профессор Михаил Гельфанд: «Не буду повторять очевидное, но напомним, что той же осенью аналогичный состав начали «шить» Ольге Зелениной, и позволю себе повторить сказанное тогда: «Этот случай имеет профессиональное значение: это — образцовый пример преследования ученого за профильную научную деятельность. Все мы пишем рецензии и даем экспертные заключения. Ученый не должен бояться уголовного преследования за высказывание собственного мнения, коль скоро оно является профессиональным и добросовестным. Независимая экспертиза — это часто единственный шанс несправедливо обвиненного человека оспорить ведомственные экспертные заключения. Согласно закону об адвокатуре, адвокат может запрашивать мнение специалиста и потом ходатайствовать о приобщении этого мнения к материалам дела и учете его при принятии решения. Если же каждый независимый специалист будет понимать, что его заключение, если оно идет вразрез с точкой зрения следствия, может послужить основанием для привлечения его к тому же делу как сообщника, этот шанс станет еще более призрачным». The New Times спросил Сергея Гуриева; «Ровно год назад в интервью журналу на вопрос, можно ли, морально ли взаимодействовать с властью, вы ответили: да, можно, потому что это работа на благо страны, а не на конкретных людей. Как бы вы ответили сейчас, после всего того, что с вами произошло?» — «Ну что вам сказать: Игорь Федюкин попытался, боролся с плагиаторами, делал свою работу, и его выгнали». Одна из самых известных академических работ соавторов Сергея Гуриева, Георгия Егорова и Константина Сонины, посвящена дилемме, которая встает перед авторитарным правителем: выбирать умных и компетентных чиновников и советников или необязательно умных, но лояльных. Ответ был: суверен предпочитает лояльных. Жизнь это в очередной раз подтвердила — теперь на судьбе уже бывшего ректора РЭШ.

Попытки свести оценку ученых к формализованным параметрам типа индекса цитирования еще более толкает часть научных сотрудников к «технологическому» увеличению этого показателя. В начале 2013 года ряд влиятельных изданий вместе с учеными начало борьбу за отказ от использования импакт – фактора как такового. По мнению подписантов *The San Francisco Declaration on Research Assessment*, сейчас больше цитат собирают слабые, но выполненные в рамках модных тем работы, нежели действительно значимые статьи в менее популярных областях. Из рейтингов агентства Thomson Reuters исключены 66 научных журналов. Причиной такого решения стало то, что эти издания уличены в недобросовестном повышении индекса цитируемости путем проставления неуместных ссылок между журналами. Эксперты Thomson Reuters обнаружили, что ряд журналов проставляет в статьях ссылки друг на друга, причем вовсе не там, где ссылки уместны и оправданы содержанием статей. В прошлом году из-за этого пришлось исключить 51 журнал, но в 2013 мас-



штаб проблемы увеличился. В этом году агентство объявило, что из рейтингов исключено 66 изданий, среди которых 33 новых журнала: все они уличены в «накрутке» индекса цитируемости, импакт-фактора. Среди признанных недобросовестными такие издания, как *Iranian Journal of Fuzzy Systems* и *International Journal of Crashworthiness* («Иранский журнал нечетких систем» и «Международный журнал катастрофоустойчивости»).

Благодаря деятельности Роснано, говорить о нанотехнологиях становится дурным тоном, но являясь многолетним специалистом в этой области, искренне считаю это направление одним из критических направлений науки и техники. Я уже давал, например, анализ достижений Израиля в нанотехнологиях и их практической реализации. Но и другие страны делают успехи в этом направлении. Так, Иран входит в двадцатку стран, где нанотехнологии развиваются стремительными темпами. Как заявляет Саид Саркар, начальник штаба нанотехнологий в администрации президента Ирана, такой результат планировался к 2015 году. Однако Иран перевыполнил этот план на несколько лет и продолжает развивать научно-промышленное производство. Уже сегодня здесь активно действуют и появляются новые компании, которые занимаются разработками в сфере нанотехнологий. Сейчас в стране производится 4% научных разработок от общего мирового показателя. Частью стратегического плана Ирана по развитию нанотехнологий является организация разных специальностей в этой области во многих университетах страны. В 29 высших учебных заведениях Ирана есть магистратуры в направлении нанотехнологий, а в 14 ВУЗах по этой специальности студентам присуждаются докторские степени. По словам Саида Саркара, сегодня в Иране нанотехнологии применяются в таких сферах, как строительство, экономика, наноматериалы, здравоохранение, народное хозяйство, охрана окружающей среды, текстильная промышленность, автомобилестроение и другие. Одной из самых важных областей использования нанотехнологий является медицина, а именно – лечение разных видов раковых заболеваний.

А пока Россия стремится как-то поучаствовать в общемировом технологическом инновационном процессе, ученые многих стран создают все новые и прорывные нанотехнологии. Так, специалисты Корнельского университета Уильям Дичтел (William Dichtel) и Деепти Гопалакришан (Deepti Gopalakrishnan) разработали оригинальный способ поиска взрывчатых веществ – быстрый, результативный и не очень затратный. В его основе лежит новая технология – светящийся полимер, который в буквальном смысле сигнализирует о наличии или отсутствии взрывчатки. Работает новый детектор просто: если поблизости нет ничего из известных сегодня взрывчатых веществ, то полимер, имеющий необычную пересеченную структуру и с помощью нее поглощающий свет, работает в качестве обычного проводника энергии, которую выпускает в виде все того же света. Иными словами, когда все спокойно, этот полимер постоянно светится, но если взрывчатка все же найдена, свечение пропадает. Наглядно, просто и понятно, и причина отсутствия свечения кроется во все той же поглощенной энергии: вместо света она вырывается на свободу в виде тепла.

Около пяти лет назад Управление перспективных исследовательских программ Пентагона DARPA начало выполнение программы, в рамках которого было необходимо создать миниатюрную вакуумную систему, вакуумный насос, занимающий объем менее одного кубического сантиметра и потребляющей менее четверти Ватта электрической энергии. На прошлой неделе представители DARPA объявили об успешном завершении данной программы, с заданием которой успешно справились исследователи из Мичиганского университета, Массачусетского технологиче-

ского института и компании Honeywell International. Каждый из участников программы продемонстрировал свое собственное устройство, размеры которого не превышают размеры маленькой монеты, и которые могут стать основой миниатюрных химических датчиков следующего поколения. Конечной целью проекта DARPA, который был начат в 2008 году, является создание малогабаритного химического датчика, который способен определять наличие в воздухе очень маленьких концентраций различных химических соединений. Такая способность новых датчиков позволит применять их не только для обнаружения скрытого химического оружия, потенциальная область применения таких датчиков чрезвычайно широка, особенно в промышленности.

Химический датчик основан на принципах масс-спектропии, способной идентифицировать химические соединения по изменению массы при изменениях глубины вакуума. Эти устройства могут регистрировать чрезвычайно слабые концентрации химических веществ, для уверенной идентификации им требуется всего несколько молекул. Но из-за технических ограничений, связанных с особенностями вакуумной техники, вакуумные камеры масс-спектрометрических анализаторов были намного больше, чем требуется, и такие устройства нельзя было сделать переносными и портативными. Вакуумная система, разработанная в Мичиганском университете, имеет шестиугольную форму, внутри которой существует достаточно сложная сеть из миниатюрных электрических насосов, клапанов и полостей. Большой глубины вакуума с помощью такого миниатюрного вакуумного насоса достичь не получится, но и той глубины, которую он может обеспечить, достаточно для работы крошечного масс-спектрометра, который может без затруднений установлен на беспилотном летательном аппарате, давая военным в руки быстрый, малогабаритный, маневренный и точный инструмент химической разведки.

Тошики Тамура (Toshiki Tamura) из Государственного института агробиологических наук (Япония) и его коллеги встроили гены, запускающие производство флуоресцентных молекул, в геномы шелкопрядов в тех областях, которые отвечают за синтез фибрина. На сегодняшний день исследователям удалось вывести 20000 трансгенных шелкопрядов. Полученный от них шелк способен под люминесцентным освещением принимать яркие тона. Подобная способность шелка по утверждениям ученых будет держаться на протяжении двух лет. Японский дизайнер Юми Катсура уже сделал из флуоресцентного шелка несколько предметов одежды, включая подвенечное платье. В видимом свете ткань имеет слабый оттенок, своих свойств она не теряет более двух лет и по прочности лишь немного уступает обычному шелку.

Исследователи из лаборатории Беркли, работающие в Объединённом центре искусственного фотосинтеза (Joint Center for Artificial Photosynthesis, JCAP), разработали первый полностью интегрированный микрожидкостный прибор для оценки и оптимизации на микроскопическом уровне систем электрохимического преобразования под действием солнечного света. Микрожидкостный прибор позволит учёным испытать и оптимизировать системы искусственного фотосинтеза на примере небольших устройств. Впоследствии полученные экспериментальные данные могут быть применены для создания крупномасштабных установок.

Специалисты из Немецкого космического центра (DLR) разработали новый тип малогабаритного двигателя-экстендера для гибридного автомобиля, который построен на базе линейного бесклапанного двигателя внутреннего сгорания и который может работать практически на любом виде топлива. Линейный генератор со свободными поршнями состоит из камеры сгорания, двух поршней, линейных электрогенераторов и возвратных газовых пружин. Двигатель-экстендер работает почти

также, как работают обычные двигатели, за счет воспламенения топливно-воздушной смеси в камере сгорания, за счет чего производится движение поршней. Однако, вместо того, чтобы за счет коленчатого вала осуществлять преобразование линейного перемещения поршня во вращательное движение вала, устройство преобразует кинетическую энергию движения поршней непосредственно в электрическую энергию. Двигатель-экстендер работает с частотой 40–50 Гц и вырабатывает до 35 кВт электрической энергии. «Принципы построения линейных двигателей внутреннего сгорания известны инженерам уже достаточно давно» – рассказывает Ульрих Вагнер (Ulrich Wagner), директор Отдела энергетики и транспорта агентства DLR, – «Но за счет использования газовых пружин оригинальной конструкции наши инженеры добились потрясающей стабильности работы такого двигателя. А за счет использования мощного электронного блока динамического управления нам удастся с высокой точностью регулировать работу всех компонентов двигателя, заставляя их взаимодействовать как единое целое». Система электронного управления, созданная инженерами DLR, управляет движением поршней линейного двигателя с точностью одной десятой доли миллиметра, определяя колебания давления в ходе процесса сгорания топлива и делая компенсацию этих колебаний. Такой механизм также позволяет гибко регулировать степень сжатия, скорость движения поршней и рабочий объем камеры сгорания. Такие возможности позволяют использовать в качестве топлива бензин, дизельное топливо, природный газ, биотопливо, этанол и водород. Небольшие размеры нового генератора позволяют без особого труда установить его на любой из серийно выпускаемых сейчас гибридных автомобилей для того, чтобы расширить дополнительную дальность его поездки минимум на 600 километров, не увеличивая, при этом, веса автомобиля. Первый опытный образец нового линейного генератора был недавно продемонстрирован на испытательном стенде института DLR Institute of Vehicle Concepts в Штутгарте. А сейчас, специалисты DLR совместно с компанией Universal Motor Corporation GmbH работают над созданием первых промышленных образцов, испытания которых будут проводиться на гибридных автомобилях различных марок.

3D печать – это широко применяемое цифровое производство разнообразных пластиковых и металлических изделий. Хотя эта технология сама по себе уже может вызвать производственную революцию, гораздо более поразительно развитие биоприпринтеров. Несколько экспериментальных биоприпринтеров уже было создано. Например, в 2002 году профессор Макото Накамура увидел, что капли чернил в стандартном струйном принтере имеют примерно такой же размер, как клетки человека. После этого он адаптировал технологии и в 2008 году создал рабочую модель биоприпринтера, которая осуществляет печать биотрубочек, похожих на кровеносные сосуды. Профессор Накамура надеется, что со временем можно будет буквально распечатывать внутренние органы, готовые к трансплантации. Другим пионером в области биопечати является компания Organovo, которая была создана исследовательской группой под руководством профессора Габора Форгача (Gabor Forgacs) из университета Миссури. С марта 2008 года Organovo задалась целью создать технологии биопечати функционирующих кровеносных сосудов и сердечной ткани с помощью клеток, полученных из тканей цыпленка. Эта работа опирается на прототип биоприпринтера с тремя печатающими головками. Первые две головки выводят кардио- и эндотелиальные клетки, в то время как третья выделяет коллагеновую основу – так называемую “био-бумагу” – для поддержки клеток во время печати. Как продемонстрировала компания Organovo, при использовании процесса биопечати не обязательно печатать орган во всех деталях. Достаточно правильно расположить соответствующие клетки в ряды, а природа сама завершит работу. Этот процесс красноречиво свидетельствует о том, что клетки, содержащиеся в биочернильных сфероидах способны перестраиваться после печати. Например, экспериментальные сосуды



были напечатаны с помощью биопринтера с использованием биочернильных сфероидов и состояли из совокупности тканей эндотелия, гладких мышц и фибробластов. После того, как они были выстроены (уложены в слои) головкой биопринтера, эндотелиальные клетки мигрировали внутрь созданных кровеносных сосудов, клетки гладкой мускулатуры двигались в середину, а фибробласты мигрировали наружу без дополнительного вмешательства. Клетки более сложных тканей и органов, например, капилляров и других внутренних структур, после печати на биопринтере также самостоятельно принимают естественное положение. Этот процесс может показаться почти волшебным. Однако, как объясняет профессор Габор Форгач (Gabor Forgacs), он ничем не отличается от процесса, который происходит в клетках эмбриона, которые "знают", как правильно расположиться и сформировать сложные органы. Природа развила эту удивительную способность за миллионы лет. Соответствующие типы клеток, оказавшись в нужных местах, каким-то образом знают, что им делать.

В декабре 2010 года компания Organovo создала при помощи биопринтера первые кровеносные сосуды с использованием клеток, полученных от одного донора. Компания также успешно имплантировала нервы, созданные при помощи биопринтера, крысам, а эксперименты по пересадке созданных таким методом тканей человеку запланированы на 2015 год. Тем не менее, ожидается, что первое коммерческое применение биопринтеров будет заключаться в производстве простых человеческих структурных тканей для токсикологических испытаний. Это позволит ученым тестировать лекарства на моделях печени и других органах, созданных на биопринтере, тем самым снижая потребность в экспериментах на животных. Organovo ожидает, что первым искусственно созданным человеческим органом станет почка, так как при трансплантации эти органы наиболее востребованы. Первые почки, созданные на биопринтере, не обязательно должны выглядеть и функционировать так же, как их природные аналоги. Главное, чтобы они очищали кровь от продуктов обмена.

Научный коллектив под руководством Джереми Мао в лаборатории тканевой инженерии и регенеративной медицины Колумбийского университета (Tissue Engineering and Regenerative Medicine Lab) работает над применением биопринтеров для замены зубов и костей. В настоящее время экспериментально создана решетчатая 3D-конструкция в форме резца и имплантирована в челюстную кость крысы. Эта структура состоит из микроканалов, которые наполнены веществами, стимулирующими развитие стволовых клеток. Всего через девять недель после имплантации они вызвали рост периодонтальной связки и образование альвеолярного отростка. Со временем эти исследования могут дать людям возможность иметь новые зубы, созданные на биопринтере, или получить их путем стимуляции организма к образованию собственных новых зубов. В настоящее время команда исследователей биопечати под руководством Энтони Алата (Anthony Alata) в Wake Forrest School of Medicine разработала принтер, создающий кожу. В начальных экспериментах они взяли 3D-сканы тестовых травм, нанесенных мышам, и использовали эти данные для управления головкой биопринтера, которая распыляет клетки кожи, коагулянты и коллаген на рану. Результаты этого эксперимента оказались также весьма многообещающими: заживление ран проходило всего за две – три недели (примерно пять-шесть недель – в контрольной группе). Частичное финансирование проекта создания кожи с помощью биопринтера осуществляется американскими военными, которые добиваются развития биопечати *in situ*, чтобы лечить раны прямо в боевых условиях. В настоящее время работа все еще находится в фазе доклинических испытаний. Алата развивает технологии, экспериментируя на свиньях. Тем не менее,

испытания на людях, пострадавших от ожогов, могут быть осуществлены в течение ближайших пяти лет.

Американским физикам и инженерам удалось разработать технологию трехмерной печати литиевых элементов питания. Размер полученных батарей составляет около миллиметра, а главной сферой применения разработчики называют вживляемые устройства. При этом подчеркивается, что электроды новой батареи получаются тоньше человеческого волоса, в то время как процесс печати полностью автоматизирован и использует уже существующие модели трехмерных принтеров. Основной проблемой, которую пришлось разрешить ученым, являлся подбор «чернил», материала, используемого принтером. Исследователям удалось подобрать вещество, которое сочетает высокую электрическую проводимость со способностью мгновенно затвердевать при контакте с воздухом и сохраняться жидким внутри принтера. Кроме того, разработчикам печатной микробатареи пришлось подобрать состав, содержащий оксид лития. После того, как принтер сформировал электроды и добавил оксид лития (его в печатный состав пришлось внести в виде наночастиц), батарея закрывалась корпусом и заливалась электролитом; все изделие в сборе сопоставимо по размеру с песчинкой. Это позволяет обеспечить долговременную работу вживляемым приборам для мониторинга крови и других параметров в организме пациента.

Будем надеяться, что при новом руководстве РАН российская наука перейдет точку спада и продолжит славные традиции прошлого.