

КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ

**КАК ЗАБРАТЬ У РАСТЕНИЙ
ЭНЕРГИЮ СОЛНЕЧНОГО
СВЕТА:
В КУРЧАТОВСКОМ
ИНСТИТУТЕ СОЗДАЮТСЯ
МИКРООРГАНИЗМЫ,
ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЕ
ЖИРЫ В БИОТОПЛИВО / 7**

**ИСКУССТВЕННЫЙ
ИНТЕЛЛЕКТ И НЕЙРО-
МОРФНЫЕ СИСТЕМЫ:
НА ПУТИ К СИСТЕМЕ,
СПОСОБНОЙ
САМОСТОЯТЕЛЬНО РЕШАТЬ
ЧЕЛОВЕЧЕСКИЕ
ЗАДАЧИ / 12**

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ
БЕЛКОВЫХ МОЛЕКУЛ:
УЧЕННЫЕ КУРЧАТОВСКОГО
ИНСТИТУТА МОДЕЛИРУЮТ
БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
В ЖИВЫХ КЛЕТКАХ / 13**

**БИОСОВМЕСТИМЫЕ
И БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ
МАТЕРИАЛЫ: НЕ ЗАМЕЩАТЬ
ПОРАЖЕННЫЙ ОРГАН ИЛИ
ТКАНЬ, А ВОССТАНОВИТЬ
ПРЯМО ВНУТРИ
ОРГАНИЗМА / 14**

Четверг, 12 апреля 2018
Тематическое приложение
к газете «Коммерсантъ» №8

Коммерсантъ

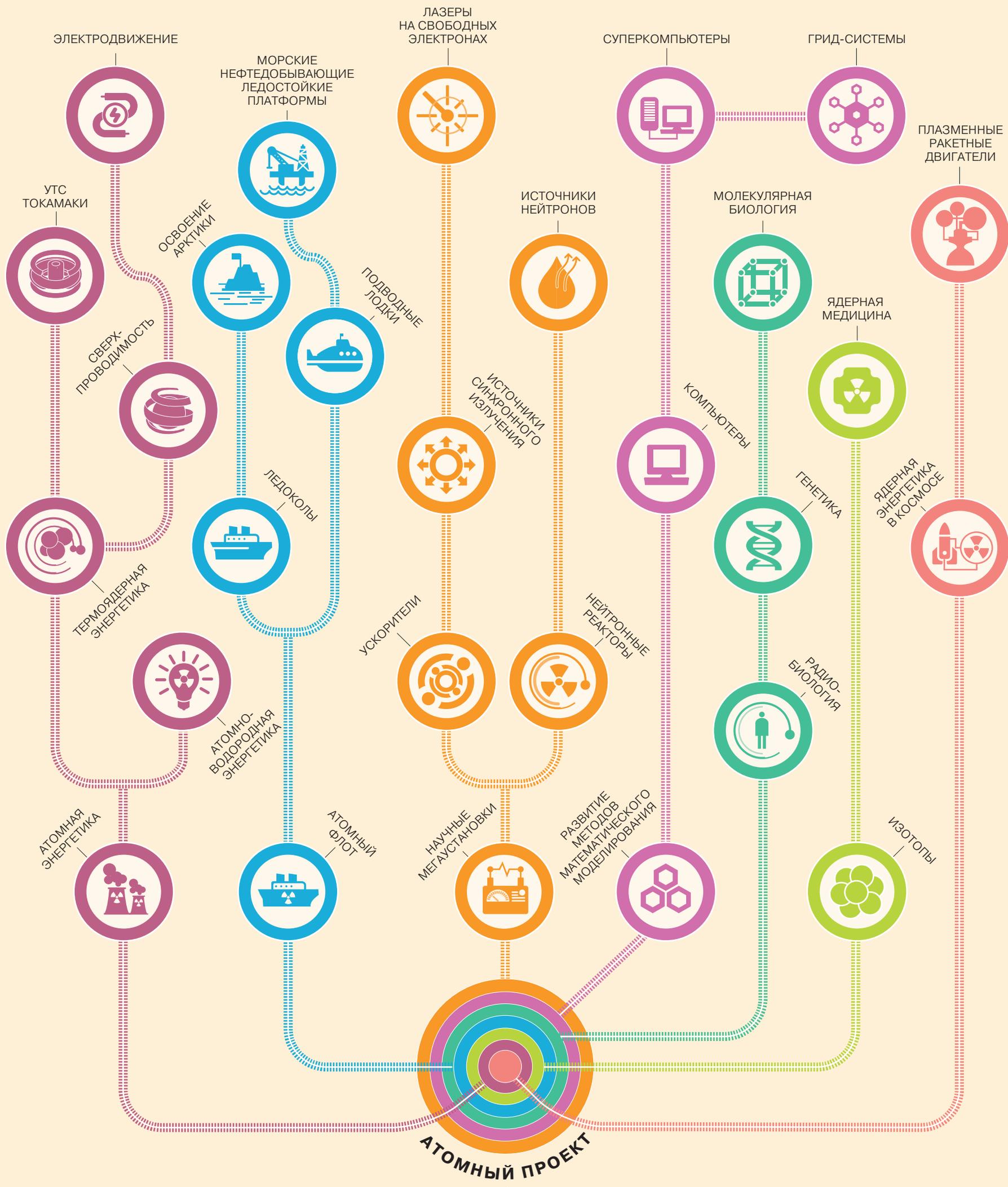
review



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР ВЫПУСКА

реклама

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОРЫВЫ АТОМНОГО ПРОЕКТА



ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИИ

«ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОМОГУТ НАМ СОЗДАТЬ ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВУЮ ТЕХНОСФЕРУ»

МИХАИЛ КОВАЛЬЧУК, ПРЕЗИДЕНТ НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ», — О ГОТОВНОСТИ РОССИЙСКОЙ НАУКИ К ПРОРЫВАМ, О КОНВЕРГЕНЦИИ НАУК И ОБ ОСОБОЙ ЦЕННОСТИ МЕЖДУНАРОДНЫХ НАУЧНЫХ СВЯЗЕЙ В НЫНЕШНЕЙ НАПРЯЖЕННОЙ ПОЛИТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКЕ.

— Михаил Валентинович, расскажите о состоянии российской науки в целом и о том месте, которое занимает в ней Курчатовский научный центр.

— После распада Советского Союза экономика и наука, страна в целом получили мощнейший удар. Мы потеряли существенную часть научного потенциала, который в СССР был сосредоточен по всей стране. Каждая бывшая союзная республика имела свою академию наук, университеты, технологические производства. Они были тесно связаны с центральными научными учреждениями, в первую очередь в Москве, Ленинграде.

В начале 1990-х мы лишились этого огромного периметра науки. И когда спустя десятилетие начались процессы восстановления, фактически надо было восстанавливать вот эту потерянную часть науки. Было принято решение создать десять федеральных университетов на основе объединения некоего количества вузов в мощное междисциплинарное образовательное сообщество по всей стране — от Калининграда до Дальнего Востока. Действуют два старейших университета страны, которые имеют особый статус, — Московский и Санкт-Петербургский, а также 29 национальных исследовательских университетов, прошедших отбор по критериям эффективности. Таким образом, сегодня 40 с лишним мощных университетов распределены по всей стране. Они фактически заместили существовавшие раньше академии и университеты союзных республик.

В оснащение университетов сделаны колоссальные финансовые вложения. Я знаю об этом не понаслышке — и как профессор МГУ, и как декан физического факультета СПбГУ, а многие университеты я посещал. Не так много за рубежом университетов, которые по исследовательской инфраструктуре, по оснащенности новейшими приборами могли бы сравниться с нашими.

Второе направление при создании нового научного ландшафта страны — образование национальных исследовательских центров. Курчатовский институт был первым: его создал президент указом еще в 2008 году. Есть план по созданию еще нескольких подобных центров, но НИЦ «Курчатовский институт» был первой ласточкой. Он создан путем объединения под эгидой Курчатовского института нескольких институтов — сначала ядерно-физических, затем на следующем этапе наше междисциплинарное содружество пополнилось и химическим, и материаловедческим, и, наконец, генетическим институтом.

Третья составляющая этого процесса нового научного ландшафта — Академия наук. В советское время она фак-

тически была министерством фундаментальной науки. Это была колоссальная система, разветвленная. Она проходила процесс реформ наиболее сложным и долгим образом. Поскольку здесь чисто административно, как это было сделано с университетами или с Курчатовским институтом, действовать было значительно сложнее по объективным и субъективным причинам. Но начавшаяся несколько лет назад академическая реформа, с моей точки зрения, уже дала очевидные положительные результаты. Поэтому современный научный ландшафт России выглядит так: федеральные исследовательские университеты, национальные федеральные и исследовательские центры, Академия наук. Такой научный ландшафт в полной мере ориентирован на прорывы.

А научно-технологические прорывы сегодня главным образом связаны с созданием принципиально нового, так называемого природоподобного технологического уклада. Природоподобные технологии будут фактически воспроизводить процессы живой природы и дадут нам принципиально иной, экономичный, как в самой природе, уровень потребления энергии, откроют новые возможности для увеличения продолжительности жизни, улучшения ее качества. Природоподобные технологии помогут создать нам новую техносферу — не потребительскую, хищнически относящуюся к природе, выкачивающую из нее все, любой ценой, как мы делали это последние две сотни лет, а на порядок более гармоничную, экономичную.

— А как вписана сейчас российская наука в мировой научный ландшафт?

— Для научных прорывов всегда, начиная с атомного и космического проекта, надо было создавать исследовательскую инфраструктуру, так называемые мегаустановки. Именно с их помощью получаются результаты, так сказать, на острие ножа, уникальные, которые невозможно получить с помощью стандартных приборов. Создание этих мегаустановок само по себе уже прорыв — они концентрация всех самых мощных технологических достижений и сегодняшнего, и даже завтрашнего дня. Наша страна всегда была лидером в таких разработках, и с распадом СССР, когда наши высококвалифицированные научные кадры стали выезжать на работу за границу, вышли на открытый рынок,

мы фактически во многом стали, так сказать, запалом, инициатором развития многих мегапроектов в Европе. Сегодня российская наука — неотъемлемая часть международного научного ландшафта. Мы участвуем партнерски, полноправным образом в таких проектах, как создание гигантского термоядерного реактора — токамака ITER на юге Франции. Это изначально разработка Курчатовского института, еще с середины 1950-х годов. Само слово «торидальная камера с магнитными катушками», ТоКаМаК, — это русское слово. Дальше: мы являемся членами европейского синхротронного центра в Гренобле European Synchrotron Radiation Facility, Россия — четвертая по количеству акций страна в этом суперсовременном проекте. Мы участвуем еще в двух важнейших проектах на территории Германии — это тяжелоионный протонный ускоритель FAIR в Дармштадте и рентгеновский лазер на свободных электронах X-ray Free Electron Laser (XFEL) в Гамбурге, он запущен 1 сентября 2017 года. Это уникальная исследовательская мегаустановка, которая продвигает наше представление о материи на принципиально новый уровень. А в основе ее также идея советских, российских ученых из Новосибирска. Мы участвуем в XFEL интеллектуально, нашими идеями — раз, второе — поставляем технологические решения, и третье, что очень важно, мы стали крупнейшим софинансистом этого мегапроекта. Он стоит €1,2 млрд, 50% покрывает Германия, 30% — Россия, а остальное — десять европейских стран. Так что мы стали неотъемлемой частью мирового, европейского в первую очередь, научного ландшафта в такой сложной, очень важной конкурентной области, как megascience.

— Как происходила трансформация Института атомной энергии в научный центр мирового значения с универсальными интересами?

— Известная библейская цитата: есть время разбрасывать камни, а есть — собирать. Представьте, 75 лет назад, когда был создан Курчатовский институт, тогда секретная Лаборатория №2, с одной стороны, цель была понятна — в кратчайшие сроки создать атомную бомбу. И эту задачу Курчатов и его соратники выполнили блестяще. А в процессе создания бомбы возникали новые проекты и целые направления науки.

Сначала был первый в Евразии реактор Ф-1, уран-графитовый, пущенный Курчатовым 25 декабря 1946 года. Параллельно из Курчатовского института выделилось направление тяжеловодных реакторов — из него позднее вырос Институт теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ). По мере развития ускорительной тематики, появления протонных ускорителей из ИТЭФа выделился филиал, который стал Институтом физики высоких энергий в Протвино. Здесь в конце 1960-х был построен крупнейший в мире протонный ускоритель У-70 мощностью 70 гигаэлектронвольт. Протвино стал очень известным международным научным центром, притягательным для зарубежных исследователей.

Академик Анатолий Александров, который после смерти Курчатова в 1960 году возглавил Институт атомной энергии, в 1970-е годы одновременно стал и президентом Академии наук СССР. В этих двух ипостасях он активно продолжал деятельность Курчатова по созданию центров ядерной физики в наших бывших республиках. Фактически это было расширение атомного проекта: от атомной бомбы к атомной энергетике, ядерной медицине, новым материалам.

Воссоединение ИТЭФ, ПИЯФ, ИФВЭ в 2010 году в рамках Национального исследовательского центра было отражением того самого процесса: от разбрасывания камней к их сборанию. И обусловлено это переходом на новый уровень развития — к междисциплинарной науке, объединению потенциала всех институтов, прежде всего их мегаустановок, кадров, компетенций и уникального опыта. И сегодня мы имеем синхротронный и нейтронный источники, работающие в одном комплексе, на нашей площадке в Москве, третий в мировой иерархии протонный ускоритель, уникальные возможности в области ядерной медицины. И сейчас в рамках программы по запуску новых мегаустановок на территории России мы выходим на финишную прямую с вводом в эксплуатацию самого мощного в мире исследовательского нейтронного реактора ПИК на нашей площадке в Гатчине, в ПИЯФе. А совсем недавно было объявлено о создании нового синхротрона четвертого поколения, который мы будем строить на площадке Курчатовского института в Протвино. Таким образом, объединение институтов придало нам принципиально новые качества, компетенции, существенно расширило возможности.

Возвращаясь к началу Курчатовского института. Работа с радиоактивными веществами поставила вопрос об их воздействии на организм. Радиобиологическое →



ИНТЕРВЬЮ

Тематическое приложение к газете «Коммерсантъ»

(Review «Курчатовский институт»)

Владимир Желонкин —

генеральный директор АО «Коммерсантъ»

Сергей Яковлев — шеф-редактор АО «Коммерсантъ»

Анатолий Гусев — автор дизайн-макета

Павел Кассин — директор фотослужбы

Рекламная служба:

Тел. (495) 797-6996, (495) 925-5262

Владимир Лавицкий — руководитель службы «Издательский синдикат»

Ольга Еременко — выпускающий редактор

Яна Миронцева — редактор

Галина Дицман — художник

Виктор Куликов, Наталья Коновалова — фоторедакторы

Екатерина Бородулина — корректор

Адрес редакции: 121609, г. Москва, Рублевское ш., д. 28. Тел. (495) 797-6970, (495) 926-3301

Учредитель: АО «Коммерсантъ».

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

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации СМИ — ПИ № ФС77-64419 от 31.12.2015

Типография: Полиграфический комплекс «Пушкинская площадь»

109548, Москва, ул. Шоссейная, дом 4Д

тел: (495) 276-1606, факс: (495) 276-1607

print@pkpp.ru, www.pkpp.ru

Тираж: 75000. Цена свободная

Фото на обложке: Анатолий Жданов

КОВАЛЬЧУК МИХАИЛ ВАЛЕНТИНОВИЧ

ПРЕЗИДЕНТ НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ».

НАЗНАЧЕН НА ДОЛЖНОСТЬ УКАЗОМ ПРЕЗИДЕНТА РФ

7 ДЕКАБРЯ 2015 ГОДА.

РОДИЛСЯ 21 СЕНТЯБРЯ 1946 ГОДА В ЛЕНИНГРАДЕ.

ВЫПУСКНИК ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ЛЕНИНГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА (1970),

ДОКТОР ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК (1988),

ПРОФЕССОР (1998), ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТ РАН (2000).

ВЕДУЩИЙ УЧЕНЫЙ В ОБЛАСТИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ФИЗИКИ,

КРИСТАЛЛОГРАФИИ И НАНОДИАГНОСТИКИ.

ОДИН ИЗ ИДЕОЛОГОВ И ОРГАНИЗАТОРОВ РАЗВИТИЯ

НАНОТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ.

С 1998 ПО 2013 ГОД — ДИРЕКТОР ИНСТИТУТА

КРИСТАЛЛОГРАФИИ ИМ. А. В. ШУБНИКОВА РАН.

В 2005–2015 ГОДАХ — ДИРЕКТОР НАЦИОНАЛЬНОГО

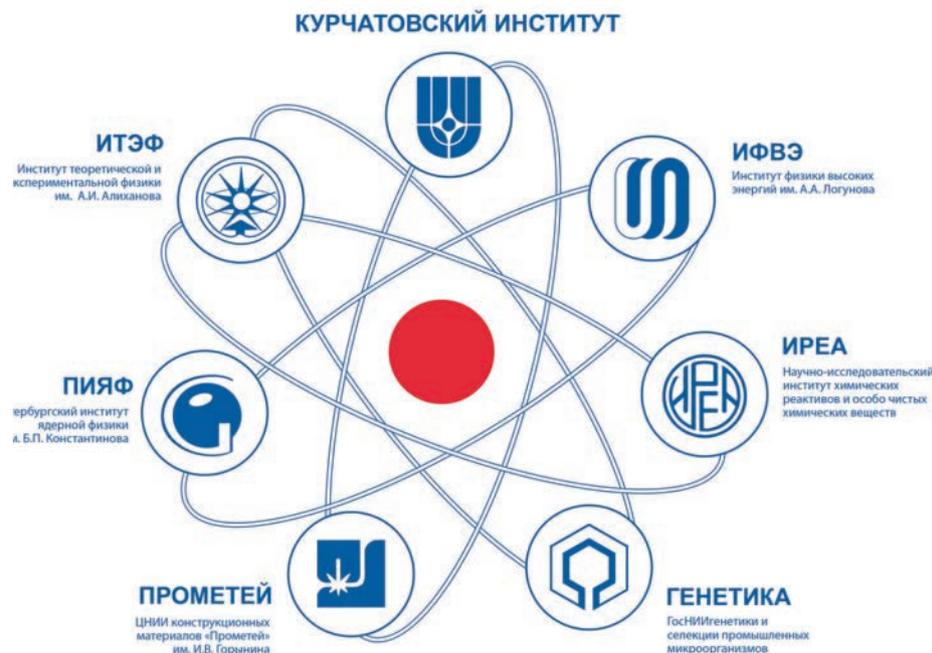
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ».

→ направление начало развиваться в нашем институте на заре развития атомного проекта, дополнительным импульсом стал, как ни странно, печально известный разгром генетики на сессии ВАСХНИЛ в 1948 году. Большинство генетиков тогда потеряли работу. Кстати, на 21 марта 1949 года было назначено заседание, где планировался разгром советской физики, тоже «находящейся под западным влиянием». Оно планировалось буквально за полгода до испытания первой советской атомной бомбы 29 августа 1949 года. Курчатов уже имел авторитет в глазах Берии и Сталина и сумел донести до них, что такой удар по физике может поставить под угрозу успех атомного проекта. А в стенах секретной Лаборатории №2 Курчатов основал радиобиологический отдел, где стали работать многие изгнанные из других институтов генетики. То есть фактически именно благодаря гражданскому подвигу, не побоюсь этого слова, Курчатова и Александрова выжила и смогла развиваться отечественная генетика.

В 1968 году на базе генетической лаборатории Курчатова института был создан ГосНИИгенетика, один из ведущих биотехнологических центров мира. В нем хранится крупнейшая коллекция промышленных микроорганизмов, что крайне важно для восстановления и развития у нас собственной фармацевтической, пищевой, медицинской промышленности. Глобально все это — составляющие технологической независимости, безопасности страны. ГосНИИгенетика в прошлом году также вошла, а точнее, вернулась в состав НИЦ «Курчатовский институт».

Еще один базовый институт в составе НИЦ «Курчатовский институт» — всемирно известный материаловедческий центр ЦНИИ КМ «Прометей» в Санкт-Петербурге. Он появился еще раньше, чем Курчатовский институт, — перед войной: создавал броню для танков, в частности Т-34, специализировался на судостроении и реакторном материаловедении, на создании материалов для корпусов реакторов. С «Прометеем» мы были в тесной связке: при создании нашей первой атомной подводной лодки «Ленинский комсомол» в 1958 году, первого в мире атомного ледокола «Ленин» в 1959 году, следующих подводных и надводных кораблей, в области атомной энергетики. Каждая наша совместная разработка была уровня Ленинской или Государственной премии. Так что преемственность, «спиральность» научного развития институтов, входящих сегодня в НИЦ «Курчатовский институт», налицо.

Сегодня Курчатовский институт как национальная лаборатория состоит из семи институтов, связанных единой



тематикой, взаимодополняющих друг друга. У нас работают почти 14 тыс. человек, мы один из крупнейших мировых научных центров.

— **А что с оборонной составляющей деятельности Курчатова института?**

— Конечно, мы имеем и всегда имели к этому самое прямое отношение. У нас выпускается серия книг «Исследования и разработки Курчатова института в целях национальной безопасности». Вышли три книги: «Курчатовцы и атомный флот», «Курчатовские реакторы» и еще одна книга, касающаяся проекта «Советник». Последнее — яркий пример, как сугубо фундаментальное направление физики нейтрино нашло применение в ВПК, и очень успешно! Все знают, что Курчатовский институт — родоначальник советского атомного проекта. Но бомбу физически здесь никогда не делали — Курчатовский институт провел фундаментальные исследования, что и позволило создать и бомбу, и атомную энергетику, и мощнейшую ядерную промышленность страны.

Первый отчет о возможности создания крылатой ракеты с ядерным двигателем был представлен еще в конце 1950-х годов. И под ней стоят подписи трех великих К: Кур-

чатова, Королева и Келдыша. А в последующие десятилетия Курчатовский институт продолжал работы, создавал новые технологии, развивал фундаментальную и технологическую базу для новейших разработок ВПК. И я хочу подчеркнуть важность научно-исследовательских работ в области фундаментальной науки и связанных с ней прикладных исследований. И важность института научного руководства, когда научная организация, развивающая определенное направление, осуществляет научное руководство этими разработками по всему комплексу и циклу: от идеи до создания конечного продукта. Принцип научного руководства был крайне успешным и в проекте первой бомбы, первой атомной подводной лодки, первого атомного ледокола. Это тоже наше достояние, которое надо сохранять.

— **К сожалению, сейчас не самая благоприятная международная обстановка. Сказывается ли она на работе Курчатова института?**

— Сейчас, когда есть напряжение международное, политическое, когда действуют экономические санкции, и давление на нас возрастает, важно понимать, что наука и культура — звенья, связывающие нации и народы, те сферы,

которые надо всячески беречь и развивать. Наша активная совместная работа в области мегаустановок, о чем я говорил в начале интервью, — наглядный пример успеха, мы, безусловно, будем всемерно углублять и расширять это сотрудничество, взаимовыгодное, хочу подчеркнуть.

— **Ваше детище, которым можно гордиться, — НБИКС-центр. Практический пример конвергенции наук. Как вам пришла идея его создания, насколько сбылись ваши мечты десятилетней давности?**

— Это очень интересно. Ведь я на самом деле жил, родился, воспитывался в гуманитарной семье историков. Я был гуманитарно ориентирован и собирался поступать на исторический факультет Ленинградского университета (ЛГУ) на искусствоведение. Но после почти случайного разговора с моей мамой, которая преподавала историю в ЛГУ, о соревновании физиков и лириков и моих планах на жизнь, она убедила меня переориентироваться и поступать на физический факультет. Однако гуманитарная составляющая, наверное, жила во мне всегда и мой гуманитарный склад внутренний, видимо, давал о себе знать. В 1990-е годы, когда все рушилось, я начал искать для себя прорывную идею для постсоветской российской науки. Сначала я думал, что это синхротронное излучение. Я занимался рентгеновским синхротронным излучением с начала 1980-х, работал практически во всех синхротронных центрах мира. Затем я начал воплощать эту идею у нас в стране — сначала в Институте кристаллографии, где я тогда работал, создал первую в стране лабораторию. В Курчатове институте нам удалось открыть синхротрон только в 1999 году. И по сей день это единственная мегаустановка на постсоветском пространстве, пущенная после распада СССР. Это уникальный инструмент для исследования материи, ее свойств, структуры. Возможности синхротрона находят применение во многих областях: от материаловедения, кристаллографии и биологии до археологии и экспертизы предметов искусства. Но как бы ни был хорош синхротрон, стало ясно, что сфера его применения ограничена.

Очевидно, нужна была научная технология, идеология, которая объединит несколько научных направлений. Это новый принцип конструирования материала: можно манипулировать атомами, создавать под заказ новые материалы, программировать новые свойства сталей корпусов реакторов, новых лекарств, кристаллов, тканей. По сути, эти же процессы происходят миллиарды лет в природе.

Думая, размышляя о мегануке, потом о нанотехнологиях, я понял, что нанотехнологии — это не еще одна технология, а новая методология науки, философский подход,



В ЭТОМ ДОМЕ С 1946 ПО 1960 ГОДЫ ЖИЛ ИГОРЬ КУРЧАТОВ. В ТЯЖЕЛЫЕ ДЛИТЕЛЬНЫЕ ГОДЫ ОН СОЗДАЛ СОВЕРШЕННУЮ НАУЧНУЮ СИСТЕМУ, КОТОРАЯ НЕ ТОЛЬКО ПОЗВОЛИЛА РЕШИТЬ В КРАТЧАЙШИЕ СРОКИ ЗАДАЧУ СОЗДАНИЯ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ, НО И СТАЛА ОСНОВОЙ МНОЖЕСТВА УНИКАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

12 АПРЕЛЯ 2018 ГОДА ИСПОЛНЯЕТСЯ 75 ЛЕТ КУРЧАТОВСКОМУ ИНСТИТУТУ «Курчатовский институт» был основан в Москве в 1943 году как секретная Лаборатория №2 для решения проблемы создания советской атомной бомбы. Игорь Васильевич Курчатов стал научным руководителем программы мирного использования атома, работ по созданию атомного подводного флота и единственного в мире атомного ледокольного флота. После смерти создателя, Игоря Васильевича Курчатова, Институт атомной энергии получил его имя. В 1960-1970-х годах настал этап мегануки: строительства ускорителей, синхротронных ис-

точников и нейтронных реакторов. В XXI веке в Курчатове институте продолжают развиваться как традиционные, так и новые научные направления: атомная энергетика и ядерный топливный цикл, управляемый термоядерный синтез, фундаментальные исследования, информационные технологии и системы, технологии и разработки двойного назначения, биомедицинские технологии и ядерная медицина, нанотехнологии, нанодиагностика и материаловедение. Новым прорывным направлением для Курчатова института стала конвергенция нано-, био-, информационных, когнитивных и социогуманитарных наук и технологий.

Нанотехнологии даже не меж-, а наддисциплинарны — они стали материальной базой для множества современных научных областей: от медицины и реакторостроения до дорожного строительства и легкой промышленности. Именно нанотехнологии стали первым шагом на пути новой идеологии, основанной на конвергенции, слиянии наук.

И в Курчатовском институте мы начали развивать нанотехнологии как основу соединения органического и неорганического мира, живого и неживого. И постепенно это послужило толчком к переходу к конвергенции, затем к природоподобным технологиям. А началось все очень просто. Мы с Олегом Нарайкиным, моим заместителем и профессором МГТУ имени Баумана, сидели в кафе, ожидая поезда в Санкт-Петербург. И в разговоре на салфетке я тогда нарисовал первую схему, как я представляю будущий НБИК-центр. Он тогда еще и названия не имел. И по прошествии первых пяти лет все произошло. А сегодня, конечно, мы шагнули уже далеко вперед даже самых смелых задумок с момента схемы на салфетке. И этот успех связан с тем, что, сформулировав идею, нужно облечь ее в доступную для понимания людей, далеких от науки, форму. Всякое новшество — от первого автомобиля до первой АЭС и до тех же природоподобных технологий — нарушает существующий статус-кво, равновесие, поэтому встречается в штыки.

Это часть логичного процесса развития науки, часть длинного и сложного пути, начавшегося от древних греков и натурфилософов древнего мира: они пытались найти единые закономерности окружающего мира, природы. Натурфилософский подход существовал до начала искусственного разделения окружающего мира человеком на сегменты, что совпало с промышленной революцией. Человек создал физику, химию, биологию, прочие науки, число которых росло очень быстро, чтобы легче изучать, анализировать эти узкие направления. Так, по пути этого углубленного анализа, разделения окружающего мира на все более мелкие детали, на пазлы мы дошли, как говорят в микроэлектронике, до предела миниатюризации.

Многие вещи, явления, процессы мы изучили досконально, но в то же время зашли в тупик, перестав рассматривать природу как единое целое, самодостаточный организм, существовавший за миллиарды лет до возникновения человека. Мы создавали три сотни лет новый, удобный окружающий мир, укрощали природу. Но к концу XX века вмешательство человека в природу стало критическим. Построенная нами цивилизация оказалась враждебной, антагонистической нашей биосфере.

Построив такую колоссальную по энергозатратности, по количеству отходов, не совместимых с окружающей средой, техносферу, мы оказались на пороге ресурсного коллапса, энергетического кризиса. Три столетия мы хищнически истощали недра земли, добывая уголь, нефть, газ. Производство росло гигантскими темпами, особенно после Второй мировой войны, когда в круговорот потребления и производства включились такие гиганты, как Китай и Индия. Миллиарды их жителей стали потребителями энергии и в быту, так сказать, и через производство. Развитие атомной энергетики на время решило вопрос энергопотребления, и на ближайшие десятилетия ей нет достойных альтернатив. Но население Земли продолжает расти — растут и потребности, а ресурсов остается критически мало. Речь даже не только о сырье, но и питьевой воде, о пашне, о лесе. И глобальный мировой кризис, и накаленная международная обстановка связаны в первую очередь с этим. Все горячие точки на карте в той или иной степени война за ресурсы. Невозможно усеять весь земной шар атомными станциями. Для развития цивилизации нужны новая энергетика, новый технологический уклад, эффективный в потреблении энергии, как природа, дружелюбный ей, основанный на ее принципах. Узкоспециализированная наука, технологии, с которыми мы жили раньше и построили современную цивилизацию, завели нас в глобальный тупик. Значит, от узкой специализации надо перейти к принципиально иному подходу.

И развитие науки само этот переход, можно сказать, выкристаллизовало. В конце XIX века, когда процесс разделения на все новые науки был в самом разгаре, начали возникать науки-связки, науки-мостики: геохимия, биофизика и прочие. Со временем этот обратный процесс — укрупнения, объединения — нарастал. Уже после Второй мировой войны появились кибернетика, генетика, информационные технологии, затем нанотехнологии, нанобиотехнологии, биоинформатика и так далее. От анализа мы перешли к синтезу наук.

Мы уже можем буквально воспроизводить системы и процессы живой природы: синтезировать клетки, искусственные ткани, материалы, органы. Такое возможно только при объединении, конвергенции нескольких наук, технологий, которые работают вместе на одну цель. Здесь невозможно отделить нано- от био-, от информационных технологий.

А следующая ступень — это создание искусственного интеллекта. И здесь наряду с информационными



75 ЛЕТ НАЗАД, КОГДА БЫЛ СОЗДАН НАШ ИНСТИТУТ, ЦЕЛЬ БЫЛА — В КРАТЧАЙШИЕ СРОКИ СОЗДАТЬ АТОМНУЮ БОМБУ, И ЭТУ ЗАДАЧУ ВЫПОЛНИЛИ БЛЕСТЯЩЕ

первый план выходят когнитивные технологии. Интеллектуальные системы взаимодействуют и между собой, и с человеком — подключается социогуманитарный блок. И это только первая стадия нового великого слияния наук. Речь идет о конвергенции наиболее значимых и прорывных направлений современной науки: нано-, био-, информационных и когнитивных. И мы сюда не так давно добавили социогуманитарные — получился Курчатовский НБИК-центр. Мы оказались на острие мирового направления атомной энергетики, управляемого термоядерного синтеза, физики высоких энергий, сверхпроводимости и микроэлектроники. На одной площадке работают синхротронный и нейтронный источники, суперкомпьютер, и где с 2009 года развивается новое направление конвергенции: мы соединяем новейшие технологии с конструкциями, принципами живой природы. Основная

наша задача — не просто моделировать, а научиться воспроизводить природоподобные технологии. С их помощью будут создаваться под заказ новые материалы и системы для медицины, фармацевтики, для систем транспорта и связи, охраны окружающей среды и новой энергетики. Полных аналогов в мире такому научному центру, как Курчатовский институт, нет.

Но в одиночку почти невозможно подобные идеи воплощать — надо искать подвижников, выращивать их, как в моем случае, из бывших аспирантов, учеников. И одно из главных условий — правильно формулировать, доносить идеи до людей, принимающих решения, до власти. Именно диалог власти с учеными позволил Курчатову осуществить атомный проект, а Королеву — космический. Фундаментальная наука — это часть государственной политики. Не зря слоган нашего юбилея звучит как «75 лет для страны и мира». И под миром надо понимать не только существование без войны, но и весь огромный вклад Курчатовского института в возникновение и развитие целого мира научных направлений и технологий.

Беседовала ЕКАТЕРИНА ЯЦИШИНА



В 2008 году Курчатовский институт стал первым в стране Национальным исследовательским центром, он объединил научно-исследовательский и экспериментальный потенциал ведущих ядерно-физических центров России: ИТЭФ (Москва), ИФВЭ (Протвино, Московская область), ПИЯФ (Гатчина, Ленинградская область). В 2009 году создан не имеющий мировых аналогов Курчатовский

НБИК-центр. Основная цель НБИК-конвергенции — соединение высших технологических достижений, как например микроэлектроника, с принципами живой природы и создание на их основе гибридных материалов и антропоморфных систем бионического типа. В 2016 году к НИЦ «Курчатовский институт» присоединились ЦНИИ

КМ «Прометей» (Санкт-Петербург) и НИИ химических реактивов и особо чистых химических веществ ИРЕА (Москва), а в 2017 году — ГосНИИ-генетика (Москва).

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» — СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЙ ЦЕНТР

РЕАКТОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

РАБОТЫ УЧЕНЫХ НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» В ОБЛАСТИ РЕАКТОРНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ДЛЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ХОРОШО ИЗВЕСТНЫ МИРОВОМУ СООБЩЕСТВУ ПРОФЕССИОНАЛОВ В ЭТОЙ ОБЛАСТИ. НАЧАЛОСЬ ВСЕ С «ГОРЯЧЕЙ» МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ, ОРГАНИЗОВАННОЙ ПО ПРИКАЗУ ИГОРЯ КУРЧАТОВА В 1951 ГОДУ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ, ДЕЛЯЩИХСЯ И КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.

БОРИС ГУРОВИЧ, ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОР, РУКОВОДИТЕЛЬ БЛОКА РЕАКТОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Первому поколению специалистов атомной отрасли достались не только большие нагрузки, но и фундаментальные «перегрузки»: интеллектуальные, физические и, конечно, психологические. Так, например, Игорь Курчатов — человек, от которого зависело практически все в успешном решении поставленных задач, — сам, сидя за столом, при помощи лупы обследовал состояние урановых блочков, облученных в первом на континенте Европы и Азии ядерном реакторе Ф-1, пущенном им и его коллегами на территории нынешнего НИЦ «Курчатовский институт» в далеком 1946 году.

За прошедшие годы в институте вместе с организациями «Росатома» мы сделали несколько масштабных работ, с помощью которых удалось значительно продлить срок эксплуатации водо-водяных энергетических реакторов ВВЭР-440 первого и второго поколений. Под научным руководством тогда еще Института атомной энергии имени Курчатова в 1964 году были созданы первые реакторы этого типа, которые оказались в эксплуатации одними из наиболее удачных в мире. Однако из-за охрупчивания материалов под воздействием облучения характеристики материалов корпусов реакторов постепенно ухудшаются.

Курчатовский институт совместно с «Росатомом» создали специальные технологии для отжига материалов корпусов реакторов. В процессе отжига материалов корпусов реакторов при воздействии определенной температуры удалось добиться возврата структурного состояния и свойств облученной стали. Это позволило увеличить срок службы реакторов до 60 и более лет и, кроме того, значительно сэкономить на демонтаже старых реакторов и вводе замещающих мощностей, то есть на строительстве новых реакторов.

Стоит упомянуть наши с «Росатомом» работы по продлению срока службы графитовых кладок на АЭС с реакторами РБМК. На протяжении десятилетий графитовая кладка испытывала огромную нагрузку, подвергаясь жесткому воздействию быстрых нейтронов, механических напряжений и высоких температур. В результате чего графит стал растрескиваться. Вопрос стоял об остановке реакторов на ряде АЭС с дальнейшим выводом их из экс-

плуатации. Наши специалисты предложили метод по восстановлению рабочих свойств графита без вывода реактора из эксплуатации. Экономия для бюджета составила почти 700 млрд руб.

Конечно, 1990-е — начало 2000-х годов были очень непростыми и для атомной отрасли и для всей российской науки в целом, в том числе и для Курчатовского института. Однако этот период закончился. Определяющим вкладом в наши успехи в последнее десятилетие послужило то, что благодаря усилиям нашего в то время директора, а в настоящее время — президента Центра М. В. Ковальчука, в Курчатовском институте началась реанимация и модернизация инфраструктуры, масштабное создание новой самой передовой экспериментальной базы и создание новых направлений, в том числе широкомасштабное — развитие нанотехнологий. Сегодня можно сказать, что по уровню исследовательских возможностей мы одна из самых продвинутых «горячих лабораторий» мира, где проводятся исследования и испытания радиоактивных и делющихся материалов. Мы располагаем комплексом наиболее современного исследовательского, аналитического оборудования, которое позволяет количественно оценивать с высоким разрешением и локальностью атомный состав и структуру материалов.

Конечно, все это создало новые возможности и открыло реальные шансы для активных людей и молодежи. Сейчас в нашем подразделении научных сотрудников в возрасте до 35 лет около 60% от общего количества людей, занятых исследованиями и испытаниями материалов. Они работают на суперсовременном оборудовании, востребованы как специалисты, имеют перспективную работу и хорошие зарплаты.

В последние годы в нашем подразделении ведутся разработки функциональных наноэлементов, в том числе для криоэлектроники методами радиационных нанотехнологий. Эти методы разработаны в Курчатовском институте и основаны на эффектах изменения атомного состава и свойств тонкопленочных материалов под воздействием облучения, открытых также в Курчатовском институте.

Например, сегодня при помощи радиационных нанотехнологий мы создаем успешно испытываем прототипы



ИЗ «ГОРЯЧИХ» КАМЕР ВЫШЛА ВСЯ СЕГОДНЯШНЯЯ АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

сверхпроводящих криоустройств, которые предполагается использовать в качестве логических и других элементов для криогенных суперкомпьютеров будущего. Для управления различными переключателями и логическими элементами здесь используются эффекты, позволяющие реализовать прохождение команд бесконтактно, то есть без использования гальванической связи. Этот способ управления, а также использование для создания активных функциональных элементов поликристаллических сверхпроводниковых материалов сильно облегчает создание трехмерных активных структур, в отличие от современных процессоров, где транзисторы расположены только в одном слое.

Испытанные нами трехмерные трехкаскадные структуры прототипов логических элементов на основе сверхпро-

водящих нанопроводов планируется в дальнейшем использовать в качестве основных элементов криопроекторов. Это, возможно, позволит реализовать ряд преимуществ по сравнению с ныне существующими устройствами на основе кремния: более низкое энергопотребление на один активный элемент (на пять порядков и более), большее быстродействие (на два порядка и более), дополнительное повышение быстродействия сверхпроводниковых устройств за счет создания активных элементов на основе нанопроводов с большим числом равновесных состояний, чем в транзисторе (до десяти по сравнению с двумя состояниями в транзисторе), снижение потенциальных источников ошибок при обработке сигналов вследствие низкого уровня шумов в низкотемпературных сверхпроводящих устройствах и т. д.

Все это, безусловно, очень перспективно: именно такие разработки, как представляется, могут стать основой технологий уже в обозримом будущем. ■



ИГОРЬ КУРЧАТОВ БЫЛ НАУЧНЫМ РУКОВОДИТЕЛЕМ СОВЕТСКОГО АТОМНОГО ПРОЕКТА



ВКЛАД ИГОРЯ ВАСИЛЬЕВИЧА В СОВЕТСКУЮ НАУКУ ТРУДНО ПЕРЕОЦЕНИТЬ: КУРЧАТОВ СТАЛ ИНИЦИАТОРОМ СОЗДАНИЯ НАУЧНЫХ ЦЕНТРОВ В АРЗАМАСЕ, ОБНИНСКЕ, ДУБНЕ, А ТАКЖЕ СПОСОБСТВОВАЛ ПОЯВЛЕНИЮ ТАКИХ ФИЗИЧЕСКИХ ИНСТИТУТОВ, КАК МФТИ И МИФИ



ТАК ВЫГЛЯДЕЛО ГЛАВНОЕ ЗДАНИЕ КУРЧАТОВСКОГО ИНСТИТУТА

ИГОРЬ ВАСИЛЬЕВИЧ КУРЧАТОВ

➤ Академик, трижды Герой Социалистического труда, научный руководитель атомного проекта СССР, основатель и первый директор Института атомной энергии, один из основоположников использования ядерной энергии в мирных целях

1903 Игорь Курчатов родился в селе Сим Уфимской губернии на Урале. Его отец был землемером, мать — учительницей. **1908** Семья переехала в Симбирск, затем в Симферополь. Игорь Курчатов окончил гимназию, а затем физико-математический факультет Таврического университета, после чего переехал в Петроград.

1925-1941 Начал работать в Ленинградском физико-техническом институте (ЛФТИ) по приглашению его директора А. Ф. Иоффе. В ЛФТИ Курчатов занялся исследованиями в ядерной физике. Благодаря ему эти исследования в стране поднялись на уровень лучших лабораторий мира. **1942** Назначен научным руководителем советского атомного проекта.

1943 Основана лаборатория №2 под руководством И. Курчатова. **1946** Пущен первый в Евразии ядерный реактор Ф-1. **1949** Первое испытание советской атомной бомбы. **1953** Первое в мире испытание термоядерной бомбы. **1954** Под научным руководством Игоря Курчатова в Обнинске пущена первая в мире АЭС.

1958 В Институте атомной энергии создана первая в мире установка термоядерного синтеза — токамак. **1950-е** Совместные работы И. Курчатова, С. Королева и М. Келдыша по применению ядерной энергии в космосе. **1960** Игорь Курчатов скончался. Институту атомной энергии присвоено имя И. В. Курчатова.

КАК ЗАБРАТЬ У РАСТЕНИЙ ЭНЕРГИЮ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА

ПЕРВИЧНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ — СОЛНЦЕ. ФОТОСИНТЕЗ РАСТЕНИЙ И МИКРООРГАНИЗМОВ ПОЗВОЛЯЕТ АККУМУЛИРОВАТЬ ЭТУ ЭНЕРГИЮ В БИОМАССЕ, ПОСЛЕ ЧЕГО ЕЕ ИСПОЛЬЗУЮТ ДРУГИЕ ЖИВЫЕ СУЩЕСТВА. ЗАДАЧА БИОЭНЕРГЕТИКИ — ПОНЯТЬ, КАК УСТРОЕНЫ ТАКИЕ МЕХАНИЗМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ, И НАУЧИТЬСЯ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ИХ ВО БЛАГО НА ПРАКТИКЕ.

РАИФ ВАСИЛОВ,

ДОКТОР БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОР, НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА БИОТЕХНОЛОГИЙ И БИОЭНЕРГЕТИКИ КУРЧАТОВСКОГО КОМПЛЕКСА НБИКС-ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ЖИВОМ ОРГАНИЗМЕ

В исследованиях ученые Курчатова института уделяют особое внимание разработкам биотопливных элементов, которые позволят получить электроэнергию. Ключом к биологическому способу добычи энергии служат метаболические реакции, которые можно дополнительно ускорить биокатализаторами — ферментами или живыми клетками. Биотопливный элемент состоит из двух электродов (анода и катода), один или оба из которых биологического происхождения и содержат биокатализатор.

Потребляя органическое соединение, биокатализатор анода генерирует электроны, которые, в свою очередь, участвуют в восстановлении деполяризатора (в основном это кислород) на поверхности катода. При таких реакциях источником энергии могут служить разнообразнейшие субстраты: глюкоза крови или других биологических жидкостей, древесный сок, сточные воды и т. д. А устройства, генерирующие энергию посредством таких «электростанций», можно применять в самых разных технологических сферах: от имплантированных медицинских устройств до роботов и различных других технических средств. К примеру, на основе полученных в Курчатова институте биоэлектродов созданы биотопливные элементы, которые удалось имплантировать в живые организмы для генерации электрического тока.

МИКРОВОДОРОСЛИ И ДРОЖЖИ В БИОЭНЕРГЕТИКЕ

Органическая биомасса — широко распространенный и повсеместно доступный возобновляемый ресурс, который целесообразно использовать для генерации электрической и тепловой энергии в регионах, удаленных от централизованных энергосистем, и, конечно же, в промышленности и сельском хозяйстве. Важное достоинство этого источника энергии состоит в том, что его применение также способствует значительному снижению экологической напряженности.

Источником сырья для переработки может служить биомасса микроводорослей: скорость, с которой растут микроводо-

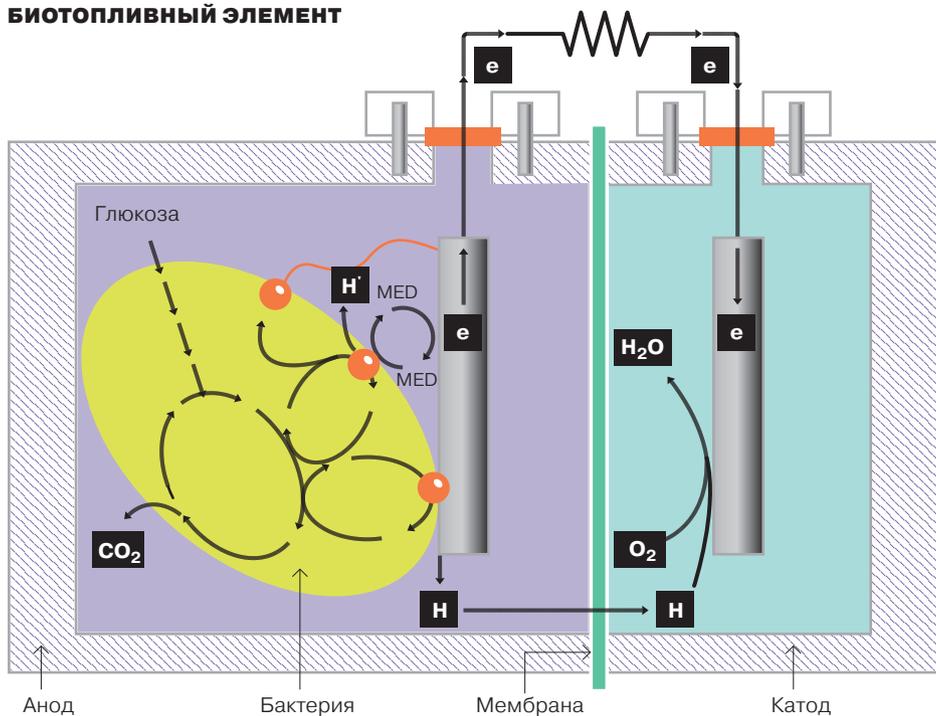
росли, значительно превосходит скорость роста сельскохозяйственных растений. Кроме того, в микроводорослях содержится много белков (доля которых может превышать 70%), сахаров, липидов, в том числе незаменимых полиненасыщенных жирных кислот, витаминов и пигментов. Помимо кормов и различных биологически активных веществ из микроводорослей делают и биотопливо.

В Курчатова институте исследуются возможности перерабатывать липиды в биотопливо посредством специальных катализаторов. Для этого был, в частности, создан штамм дрожжей *Yarrowia lipolytica*, на клеточной стенке которого как раз расположены ферменты — липазы, катализирующие процесс переработки липидов в биотопливо. В результате эти грибы помогли, сохранив все преимущества ферментного катализа, исключить дорогостоящий процесс выделения и очистки фермента. Дополнительное преимущество в том, что *Yarrowia lipolytica* демонстрирует хороший рост на глицерине, который образуется в качестве побочного продукта при производстве биодизеля.

ПОТЕНЦИАЛ РОССИЙСКОЙ БИОМАССЫ

Россия располагает крупнейшими ресурсами биомассы в мире — 20% площади всех лесов мира (первое место) и 8,8% площади всех мировых пахотных земель (третье место). Уточнить современный биоэнергетический потенциал России и определить, насколько рационально до сих пор использовались имеющиеся биоресурсы, взялся отдел биотехнологий и биоэнергетики Курчатова института. В результате появилась интегральная оценка территориального распределения биоэнергетических ресурсов России. Выяснилось, что на долю растительных отходов агропромышленного комплекса приходится 42% суммарного потенциала, отходов животноводства — 10%, отходов лесопромышленного комплекса — 23%, твердых коммунальных отходов — 25%. Современный уровень использования биоэнергетического потенциала России составляет всего 12%, да и то 40% этих ресурсов — древесная биомасса.

БИОТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ



БИОЭНЕРГЕТИКА



КЛЮЧОМ К БИОЛОГИЧЕСКОМУ СПОСОБУ ДОБЫЧИ ЭНЕРГИИ СЛУЖАТ МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ, КОТОРЫЕ МОЖНО ДОПОЛНИТЕЛЬНО УСКОРИТЬ БИОКАТАЛИЗАТОРАМИ

Энергетическая утилизация отходов сельского хозяйства (растениеводства и животноводства) практически равна нулю, тогда как именно в этой отрасли наблюдается наибольший, быстрорастущий потенциал. Оценка мирового биоэнергетического потенциала находится в диапазоне от 64 ЭДж до 161 ЭДж, а доля России в нем составляет от 1,3% до 3,5%. При максимальном использовании биоэнергетического потенциала возможно было бы заместить вплоть до 29% существующего потребления тепла и электроэнергии в России, не говоря уже о том, что в отдельных регионах технический биоэнергетический потенциал и вовсе превышает существующее потребление тепла и энергии.

Разнообразие географических условий, специфика рассеянного, некомпактного расселения на большей части территории страны создают большую проблему: по разным оценкам, свыше 60% территории России не входит в единую энергосистему и нуждается в автономной энергетике. Как показывает мировой опыт, наиболее успешной моделью автономной энергогенерации становится комплексное использование различных местных возобновляемых источников, таких как биомасса, ветрогенераторы, фотоэлементы, биогазовые реакторы, газификаторы, тепловые насосы, топливные элементы и т. д., для производства тепла и электроэнергии в широком диапазоне мощностей. Разработка таких автономных систем энергообеспечения удаленных и труднодоступных территорий является еще одним направлением деятельности Курчатова института в сфере биоэнергетики. ■

УКРОЩЕНИЕ СВЕРХГОРЯЧЕЙ ПЛАЗМЫ

ТЕМПЕРАТУРА В ДЕСЯТЬ РАЗ ВЫШЕ, ЧЕМ В ЦЕНТРЕ СОЛНЦА, СИЛЬНЫЕ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ, СВЕРХПРОВОДНИКИ, ГЛУБОКИЙ ВАКУУМ, СВЕРХВЫСОКИЕ ТОКИ — ВСЕ ЭТО НУЖНО ЧЕЛОВЕЧЕСТВУ, ЧТОБЫ ОБЕСПЕЧИТЬ СЕБЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ БУДУЩЕГО.

ПЕТР ХВОСТЕНКО, ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ КУРЧАТОВСКОГО КОМПЛЕКСА ТЕРМОЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

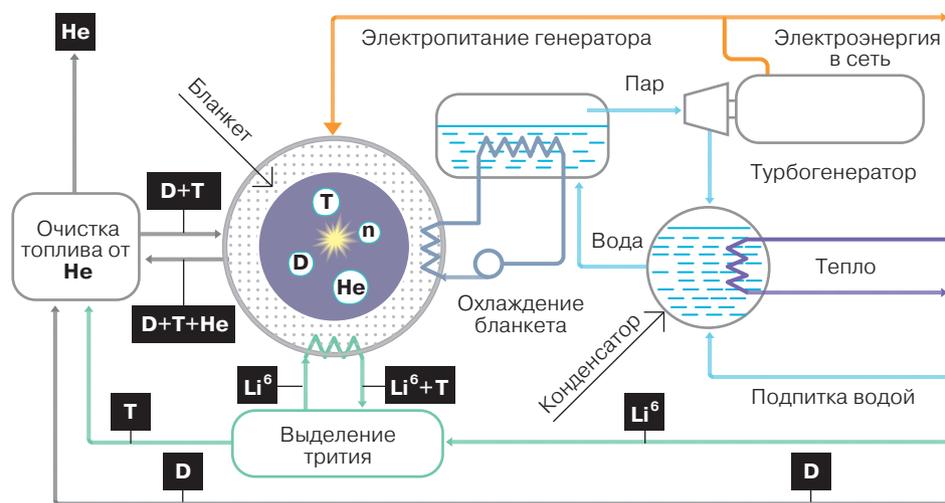
Основной тенденцией развития общества с середины XX века стал непрерывный рост энергопотребления, связанный как с увеличением населения Земли и развитием промышленности, так и с быстро растущими потребностями стран третьего мира.

Справиться с таким ростом спроса на энергию за счет главных энергетических ресурсов — нефти и газа, по всем прогнозам, с каждым десятилетием будет все труднее: хотя запасы углеводородов еще очень велики, добывать их становится все дороже и дороже.

Наиболее привлекательным альтернативным источником энергии станет тот, который обеспечит одновременно и приемлемые экономические показатели, и высокую степень безопасности и экологической чистоты. Также важно, чтобы новые технологии в энергетике способствовали оздоровлению окружающей среды — и не только за счет минимизации потребления природных ресурсов, но и за счет перехода на новые принципы генерации и потребления энергии.

Все эти сложные задачи человечество может решить с помощью природоподобных технологий. Наиболее близкой к реализации, практическому использованию таких перспективных природоподобных инновационных энергетических технологий следует считать управляемый термоядерный синтез (УТС). Природоподобие УТС, как неоднократно подчеркивал в интервью президент Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» Михаил Ковальчук, состоит в том, что в земных условиях в установках с магнитным удержанием плазмы воспроизводятся те же про-

СХЕМА ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ТЕРМОЯДЕРНОГО РЕАКТОРА, РАБОТАЮЩЕГО НА СМЕСИ ДЕЙТЕРИЯ (D) И ТРИТИЯ (T)



цессы, что протекают на Солнце, — синтез легких атомов, при котором высвобождается огромное количество энергии.

ДЕШЕВО, ЧИСТО И БЕЗОПАСНО Природоподобная технология УТС удивительна тем, что у нее прак-

тически нет недостатков. Первое, о чем следует сказать, — это неисчерпаемость ресурсов: нужны будут только морская вода и литий. В каждой трехтысячной молекуле воды место водорода занимает его устойчивый изотоп дейтерий, он отличается тем, что в его атоме помимо про-

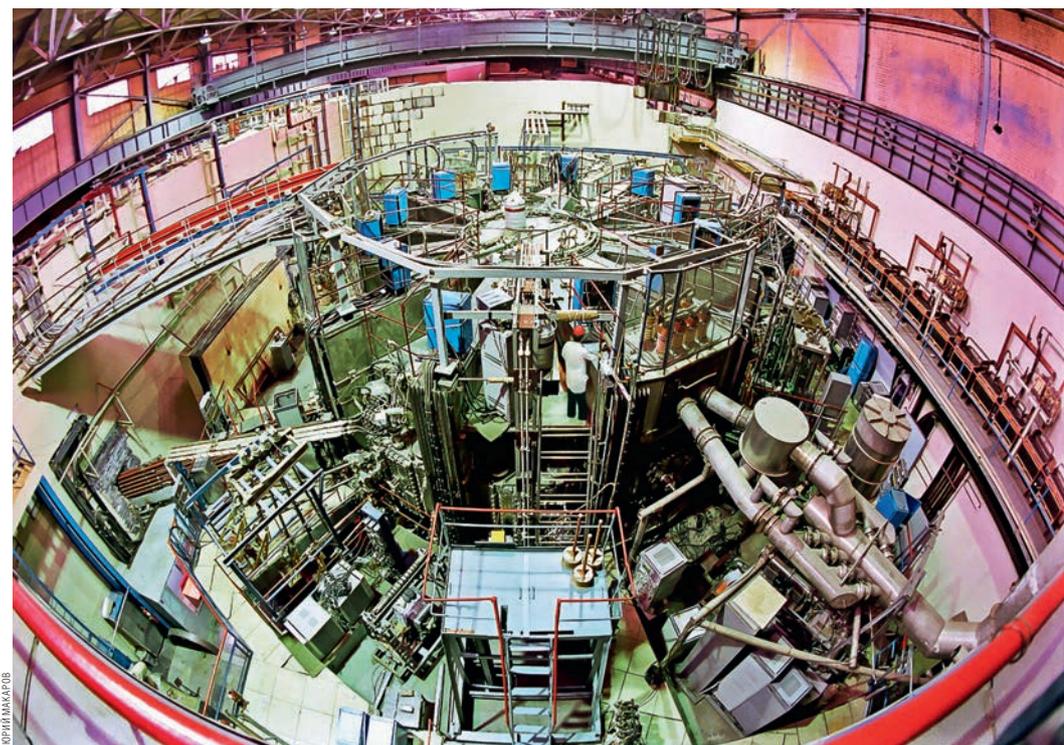
тона есть еще и нейтрон. Получить дейтерий в любых количествах не составит труда. Для УТС нужен еще тритий, нестабильный изотоп водорода, в котором нейтронов два. Период полураспада трития всего 12 лет, поэтому в воде его исчезающе мало, но тритий будет вырабатываться в необходимых количествах прямо в термоядерном реакторе из лития, а синтезировать его для запуска реактора не так уж и сложно. Наконец, литий — это достаточно широко распространенный элемент в земной коре (по оценкам, его запасы составляют десятки миллионов тонн). Труднее извлекать литий из морской воды, зато там его запасы огромны: в литре — 0,17 мг.

Вторая особенность УТС обрадует экологов: реактор не вырабатывает углекислого газа, то есть производство энергии не будет усиливать парниковый эффект, как это делают тепловые электростанции.

Третья особенность УТС решительно отличает его от ядерной реакции, с помощью которой электричество вырабатывается на атомных станциях. Надо сказать, что дейтериево-тритиевая энергетика — естественное продолжение атомной: в обоих случаях генерируются нейтроны, а реакторные конструкции подвергаются активации. Но наведенная радиоактивность материалов термоядерного реактора достаточно низка, и эти материалы не представляют серьезной опасности. При УТС в принципе не может быть аварии, подобной Чернобылю или Фукусиме: всякое разрушение реактора приведет к его немедленной остановке, никакого разгона реакции не будет, и максимум,



ДЛЯ УДЕРЖАНИЯ ПЛАЗМЫ НУЖНО ГЕНЕРИРОВАТЬ СИЛЬНЫЕ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И ТОКИ В ДЕСЯТКИ МЕГААМПЕР



В 2020 ГОДУ В КУРЧАТОВСКОМ ИНСТИТУТЕ БУДЕТ ЗАПУЩЕН В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ЕЩЕ БОЛЕЕ СОВЕРШЕННЫЙ ТОКАМАК

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

Сверхпроводимость — физическое свойство материалов, которое выражается в отсутствии электрического сопротивления. Явление было открыто в 1911 году голландским ученым Хейке Камерлингом-Оннесом.

Сверхпроводимость материала достигается путем его охлаждения до температуры кипения жидкого гелия (-269°C) — такие проводники называются низкотемпературными сверхпроводниками. Однако существуют также высокотемпературные сверхпроводники — это проводники, в которых сверхпроводимость можно достичь, охладив материал до температуры ки-

пения жидкого азота, -238°C . Открытие высокотемпературных сверхпроводников совершили Карл Мюллер и Йоханнес Беднорц в 1986 году.

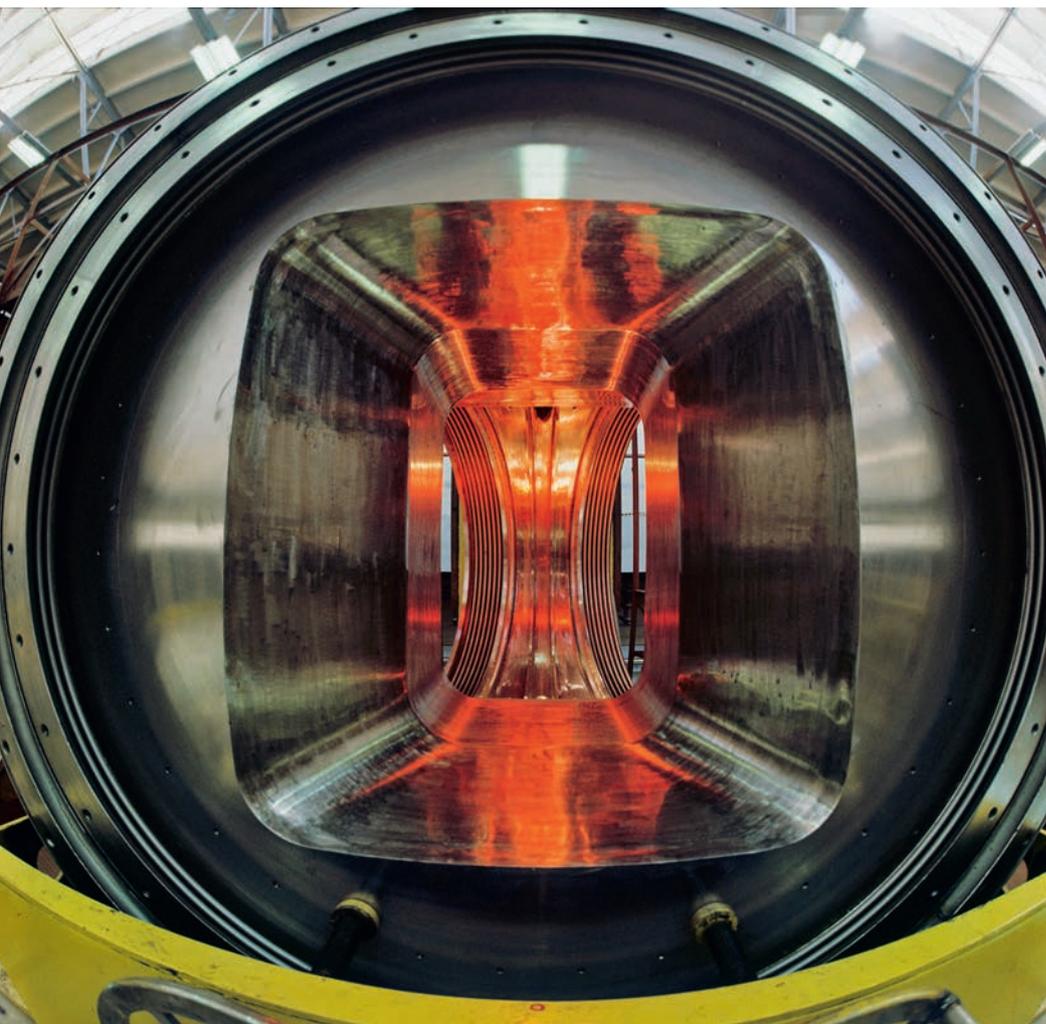
В СССР исследования сверхпроводимости начались в середине 1960-х годов. В 1979 году была создана первая термоядерная установка, в состав которой входил сверхпроводник из сплава титана и ниобия — она получила название «Токамак 7». В 1988 году появился «Токамак 15» — термоядерная установка, в которой использовались сверхпроводники из олова и ниобия. Над обоими проектами работал советский академик Евгений Павлович Велихов — именно он в первой половине

1980-х годов выдвинул идею о создании международного термоядерного реактора. Впоследствии предложение Велихова было одобрено лидерами СССР, США, Японии и Европейского союза, и в 1992 году был образован проект ITER. На данный момент строительство реактора продолжается.

Высокотемпературные сверхпроводники имеют несколько различий с низкотемпературными: во-первых, первые имеют более сложную структуру, во-вторых, высокотемпературные сверхпроводники позволяют при меньших затратах энергии проводить больше электрического тока, нежели низкотемпера-

турные, в-третьих, производство высокотемпературных сверхпроводников дороже и сложнее, чем низкотемпературных.

Сверхпроводники используются не только в промышленной сфере, но и в других областях, например в медицине: магнитная система магнитно-резонансного томографа, с помощью которой можно исследовать процессы, приводящие к появлению злокачественных опухолей, состоит из низкотемпературного сверхпроводника на основе сплава ниобия и титана. Кроме того, сверхпроводники используются в ветроэнергетике.



ВЛАДИМИР ИВАНОВ

чего можно ожидать, — появления в окружающей среде небольшого количества короткоживущего трития. Эвакуация населения не потребуется.

Кроме работ, проводимых в Курчатовском институте в области УТС, направленных в конечном итоге на создание промышленной термоядерной электростанции, важным перспективным направлением является создание термоядерного источника нейтронов для гибридного реактора «синтез-деление». В гибридном реакторе с помощью термоядерных нейтронов с энергией 14 МэВ, образующихся в процессе реакций синтеза дейтерия и трития, можно будет производить топливо для тепловых атомных реакторов — уран-233 из тория-232, а также «дожигать» радиоактивные отходы из реакторов деления, то есть улучшать экологию существующей атомной энергетики.

КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ — РОДОНАЧАЛЬНИК ТОКАМАКОВ

Описанная технология УТС работает на токамаках (тороидальных камерах с магнитными катушками) — установках, принцип которых был предложен курчатовскими учеными Андреем Сахаровым и Игорем Таммом (Тамм в ИАЭ не работал) в начале 1950-х годов. В Курчатовском же институте была построена и первая исследовательская установка ТМП (тор с магнитным полем) — в 1955 году под руководством Игоря Головина и Натана Явлинского. Игорь Головин стал и автором названия «токамак».

В 1955–1965 годах в Курчатовском институте было построено девять установок.

На установке Т-3А, усовершенствованной версии установки Т3, под руководством академика Льва Арцимовича в 1968 году была получена рекордная температура электронов — 1 кэВ (10 млн °С), а также впервые — термоядерные нейтроны.

В сентябре 1969 года в Дубне прошел международный симпозиум по тороидальным системам — он ознаменовался триумфом токамаков, после него токамаки стали основными устройствами для развития термоядерных технологий.

В 1978 году в Курчатовском институте на самом крупном в тот момент токамаке Т-10 при мощности электронно-циклотронного нагрева плазмы 2 МВт была впервые в мире получена плазма с электронной температурой в центре плазменного шнура 10 кэВ (100 млн °С) — такая, какая и ожидается в термоядерном реакторе.

ТОКАМАК Т-15, ВИД ИЗНУТРИ

В 1979 году в Курчатовском институте появился и первый в мире токамак Т-7 со сверхпроводящей обмоткой тороидального поля — на основе ниобий-титанового сверхпроводника. Эта идея была развита на токамаке Т-15, одном из крупнейших в мире, который начал работу в 1988 году: он обладал сверхпроводящей обмоткой тороидального поля на основе ниобий-оловянного сверхпроводника с циркуляционным охлаждением. Благодаря успешной работе сверхпроводящей обмотки Т-15 в международном реакторе ITER будут также использоваться магниты с применением ниобий-оловянного сверхпроводника. Особенно важно, что Т-15 показал техническую возможность создания токамака со сверхпроводящей обмоткой с размерами и характеристиками, соответствующими требованиям уже промышленных энергетических термоядерных и гибридных установок.

ПЕРСПЕКТИВЫ УТС И ТЕРМОЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В январе 2016 года программа «Развитие управляемого термоядерного синтеза и плазменных технологий на период 2019–2025 годов и на перспективу до 2035 года», иницированная в Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт», получила одобрение президента России Владимира Путина. Вместе с госкорпорацией «Росатом» и организациями Российской академии наук Курчатовский центр к 2035 году создаст гибридную реакторную установку, в которой плазма с термоядерными параметрами будет удерживаться не менее 24 часов, к этому же году Курчатовский центр предложит проект промышленной термоядерной электростанции.

Курчатовский центр участвует от России в международном проекте ITER, идею его создания инициировал и всеми силами продвигал в 1980-е годы один из главных мировых специалистов в области УТС — академик Евгений Велихов. Задача ITER заключается в демонстрации возможности коммерческого использования термоядерного реактора и решении физических и технологических проблем, которые могут встретиться на этом пути. Должна быть получена плазма с выделением термоядерной мощности на уровне 500 МВт (затраченная мощность — 50 МВт). ■

ПРОЕКТ ITER — ПОВТОРИТЬ СОЛНЦЕ

На сегодняшний день один из наиболее масштабных научно-технических проектов, в котором НИЦ «Курчатовский институт» осуществляет научное руководство от России, — это сооружение первого международного экспериментального термоядерного реактора нового поколения ITER. В инициированном Россией проекте участвуют: Европейский союз, Китай, Индия, Япония, Республика Корея, Российская Федерация и США.

Российским специалистам поручено изготовление 25 уникальных систем будущей установки, в этом процессе задействовано более 30 ведущих научно-технических учреждений, предприятий и комплексов со всей страны: от Санкт-Петербурга до Новосибирска. В их числе — НИЦ «Курчатовский институт».

12 февраля 2008 года в НИЦ «Курчатовский институт» было подписано первое Соглашение о поставках сверхпроводника для катушек тороидального поля ITER. С того момента кооперацией российских предприятий было произведено 28 штатных длин сверхпроводника общим весом более 120 тонн, высочайшее качество и стабильность характеристик которого не раз подтверждались испытаниями.

Специалисты НИЦ «Курчатовский институт» проводили серию уникальных вакуумных испытаний сверхпроводника тороидального поля магнитной системы ITER на специальном оборудовании, став победителем международного конкурса в этой области. Производство проводника тороидального поля осуществлялось с 2011 года кооперацией российских предприятий и организаций: ВНИИМ им. А. А. Бочвара, АО ТВЭЛ, Чепецкий механический завод, ВНИИКП, ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт».

Всего за пять лет российские предприятия изготовили 28 штатных (единичных) длин проводника общим весом более 120 тонн.

Современно оснащенная линия джекетирующая была построена на территории ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт» в Протвино.

Токонесущие элементы для катушек ТП производятся посредством затягивания сверхпроводящего кабеля в трубную стальную оболочку длиной до 800 м.

Изготовленные токонесущие элементы проходили заключительные испытания на площадке НИЦ «Курчатовский институт» в Москве.

В середине 2015 года в ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт» завершили джекетирующую последнюю единичной длины проводника тороидального поля для ITER.

Всего до конца 2015 года было выпущено около 18 км таких элементов.

После серии испытаний сверхпроводник был отправлен в Италию для изготовления катушек тороидального поля магнитной системы для ITER. Таким образом, российская сторона завершила выполнение обязательств по производству данного компонента установки.

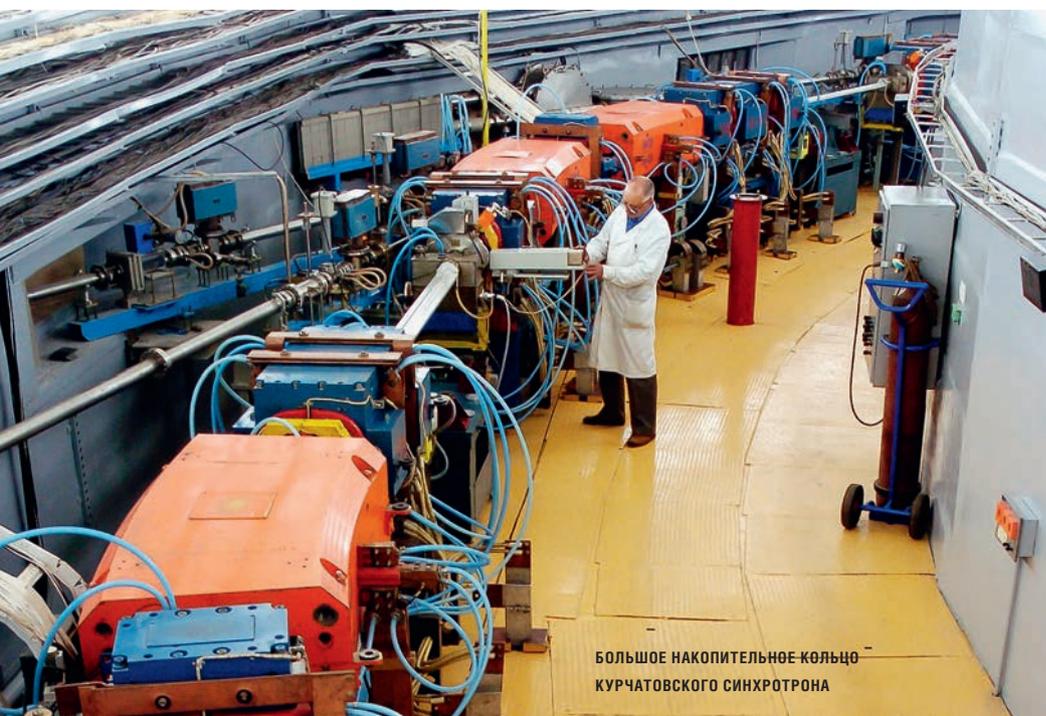


АКАДЕМИК Е. П. ВЕЛИХОВ, КРУПНЕЙШИЙ СПЕЦИАЛИСТ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ И УТС, ПОЧЕТНЫЙ ПРЕЗИДЕНТ НИЦ «КИ»

СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ: ВИДЕТЬ ПРИРОДУ НАСКВОЗЬ

ВСЕГО В ПОЛУЧАСЕ ЕЗДЫ ОТ ЦЕНТРА МОСКВЫ НАХОДИТСЯ СВЕРХМОЩНЫЙ ИСТОЧНИК РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ЯРКОСТЬ КОТОРОГО В МИЛЛИОНЫ РАЗ ВЫШЕ, ЧЕМ У РЕНТГЕНОВСКОГО АППАРАТА. НИЧЕГО СВЕРХЪЕСТЕСТВЕННОГО — ЭТО ЕДИНСТВЕННЫЙ НА ПОСТСОВЕТСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ИСТОЧНИК СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КУРЧАТОВСКОГО ИНСТИТУТА.

АЛЕКСАНДР БЛАГОВ, ДОКТОР ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК, ЛАУРЕАТ ПРЕМИИ ПРЕЗИДЕНТА РФ ДЛЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ В ОБЛАСТИ НАУКИ И ИННОВАЦИЙ ЗА 2011 ГОД, РУКОВОДИТЕЛЬ КУРЧАТОВСКОГО КОМПЛЕКСА СИНХРОТРОННО-НЕЙТРОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



БОЛЬШОЕ НАКОПИТЕЛЬНОЕ КОЛЬЦО КУРЧАТОВСКОГО СИНХРОТРОНА

ЮРИЙ МАКАРЧУК

Для получения излучения такой яркости используются пучки электронов, которые разгоняются в кольцевом ускорителе почти до скорости света, а их энергия при этом достигает 2,5 млрд электронвольт! Вокруг этого кольцевого ускорителя располагаются экспериментальные станции рентгеновской структурной диагностики. Огромная мощность ускорителя и сверхъяркость синхротронного излучения позволяют изучать любое вещество, буквально разбирая его на отдельные атомы и молекулы. Ежедневно на Курчатковском синхротроне проводятся десятки различных экспериментов. Круг научных задач очень широк: от классической кристаллографии, материаловедения и структурной химии до белковой кристаллографии, микробиологии, медицины и даже истории.

Практическое применение нового вида излучения — рентгеновских лучей — началось в медицине сразу же после его случайного открытия в 1895 году: первый снимок запястья своей супруги с облучающим кольцом на пальце сделал Вильгельм Рентген. Но как выяснилось через несколько десятилетий, с его помощью можно изучать структуру не только макро-, но и микрообъектов вплоть до расположения отдельных атомов в кристаллической решетке. Для исследований на таком уровне надо иметь очень яркое излучение, обладающее непрерывным спектром в рентгеновской области. Такие свойства есть у синхротронного излучения — особого вида электромагнитного, теоретически предсказанного еще в 1944 году советскими физиками Дмитрием Иваненко и Исааком Померанчуком.

До начала 1960-х источниками рентгеновского излучения были специальные трубки, в которых электроны, выпущенные одним электродом (анодом), ускорялись в вакууме электрическим полем до энергий в десятки тысяч электронвольт. Затем они фокусировались и тормозились в другом электроде (катоде), порождая рентгеновское излучение. Звучит впечатляюще, но оказалось не слишком выгодно, да и для дальнейшего повышения мощности рентгеновских трубок существовал ряд принципиальных ограничений. Решением стали синхротроны — большие

спектре: от рентгеновского до инфракрасного. Яркость синхротронного излучения в современных машинах превышает яркость рентгеновских трубок в 10^{10} – 10^{12} раз. Это позволяет буквально просветить глубинные слои вещества — органической и неорганической природы.

Старт проекта первого в СССР специализированного источника синхротронного излучения в Курчатковском институте относится еще к 1978 году, его строительство началось в середине 1980-х при активном участии первой в стране лаборатории синхротронного излучения в Институте кристаллографии АН СССР, созданной Михаилом Ковальчуком. Но запустить синхротрон смогли только в 1999-м, что для многих стало знаком возвращения нашей страны в мир большой науки. И первым директором Курчатковского синхротрона стал Михаил Ковальчук.

В 2007–2009 годах здание Курчатковского синхротрона было значительно расширено и приобрело современные очертания. Площадь экспериментального зала и лабораторий теперь составляет почти 17 тыс. кв. м, вокруг большого накопительного кольца расположено почти два десятка экспериментальных станций. И эта инфраструктура постоянно расширяется — в настоящее время строится семь новых экспериментальных станций.

Центральное место отведено линейному ускорителю и двум циклическим ускорителям-накопителям — малому и большому. В линейном ускорителе пучкам электронов придается первоначальный импульс, а в малом и большом кольцевых ускорителях идет накопление необходимого количества электронов и поддержание их энергии на определенном уровне в течение 15–20 часов для проведения экспериментов. Один оборот пучка электронов

по большому накопительному кольцу составляет миллионные доли секунды. Большое накопительное кольцо выполнено в виде многогранника — имеет линейные промежутки и поворотные секции, где установлены поворотные магниты, основные источники синхротронного излучения. Кроме поворотных магнитов в прямолинейные промежутки кольца установлены специальные генераторы синхротронного излучения — так называемые вигглеры (от англ. «wiggle» — «вихлять»). Из каждого поворотного магнита и вигглера выведен специальный канал, по которому синхротронное излучение доходит до экспериментальной станции. Каждая станция — это исследовательский инструмент различного назначения. Условно можно разделить их назначение на три большие группы: дифракционные, спектроскопические и визуализирующие станции. На Курчатковском кольце сейчас находится 15 таких рентгеновских станций и 2 станции вакуумного ультрафиолета. Одновременно на них проводится более десяти экспериментов.

Все зависит от задачи: можно точно определить тип химического соединения или предсказать свойства нового вещества по его структуре. Такие работы ведутся, например, на станции «Белок», где изучают структуры белковых макромолекул.

Белки определяют ход всех процессов в живых организмах. Фактически они задают параметры функционирования на молекулярном уровне. Свойства и основные функции белка зависят от его пространственной структуры. Получив методом рентгеноструктурного анализа молекулярную или атомную структуру белка, можно изучить и понять его работу в живом организме. Это очень важно



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ СТАНЦИЯ «НАНОФЭС» КУРЧАТОВСКОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ИСТОЧНИКА СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

АНАТОЛИЙ ЖИЗАНОВ

для разработки новых лекарств, в том числе направленных против рака и туберкулеза, а также способов и средств их адресной доставки в клетку. Кроме того, уже в недалеком будущем детальное знание структуры, свойств и принципов работы живой материи позволит создавать искусственные природоподобные и биосовместимые системы, у которых свойства и функции повторяют природные аналоги.

На другой дифракционной станции — «Ленгмюр» — исследуют мономолекулярные органические и биоорганические пленки, сформированные на поверхности жидкости. Чтобы понять, насколько это важно, вспомним, что все клеточные мембраны — защитные оболочки и контрольно-пропускные системы клетки — представляют собой двойную липидную пленку. Созданные на станции «Ленгмюр» искусственные мембраны используются как модельный объект при разработке лекарственных препаратов. Возможности станции также широко применяются для разработки гибридных (органических и биоорганических) сенсоров нового поколения.

Другая большая группа методов — методы рентгеновской визуализации. Это и классическая рентгенография, и томография. Оба эти термина мы знаем из медицинской практики. Методы позволяют получить изображение внутренней структуры непрозрачных объектов. Преимущество синхротронного источника — в очень высоком пространственном разрешении: фактически мы имеем дело с рентгеновским микроскопом. На станциях РТ-МТ и «Медиа» визуализируют внутреннюю структуру самых разных конструктивных, функциональных материалов и изделий. Перечень их впечатляет: от композитных материалов до сверхпроводящих кабелей, реакторных материалов и изделий аддитивных технологий. Также эти методы активно используют в медицинской диагностике, исследованиях предметов культурного наследия.

Третья группа методов — спектроскопические, основанные на анализе спектров поглощения, флуоресценции и выхода фотоэлектронов.

Такими методами можно исследовать самые разные сложные химические соединения и химические процессы, например окисления, коррозии, катализа, определять элементный состав образцов, включая микропримеси, изучать оптические и электронные свойства материалов. Все это востребовано в самых разных отраслях.

Синхротронное излучение в последнее время активно применяют и в исследованиях предметов культурного наследия, археологических и палеонтологических находок. Еще одно важное достоинство синхротронных методов: образец не разрушается в процессе исследований, а это незаменимо при работе с дорогостоящими и уникальными объектами.

Одна из интересных совместных работ ученых Курчатковского института со специалистами Государственного исторического музея — изучение предметов из кургана «Черная могила», относящегося к концу X века. Вернее, предметами это назвать сложно, так как при захоронении зажгли традиционный погребальный костер и почти все погребальные предметы спеклись в огромный ком. Еще на стадии подготовки к исследованиям стало понятно, что в этом конгломерате в числе прочих есть особо интересный предмет, который долгое время считался боевым ножом. Однако метод рентгеновской томографии показал, что оба края ножа фестончатые. То есть боевым он не являлся, а имел некий сакральный смысл. Также при помощи рентгеновских изображений был обнаружен очень красивый орнамент скандинавского типа, сделанный и инкрустацией серебряной проволокой. Возможно, это род скипетра — своеобразный символ власти. И это настоящее открытие, сделанное на стыке наук, с помощью уникальных свойств синхротронного излучения.

Очень важно, что на одной площадке с Курчатковским синхротроном работает и нейтронный источник. Их возможности по структурной диагностике материалов взаимодополняют друг друга. Во всем мире всего несколько научных центров, где есть и синхротрон, и нейтронный источник. Тут же, на территории Курчатковского института, работают нанофабрика, суперсовременная лаборатория электронной микроскопии, медико-биологические лаборатории. То есть для разных исследовательских задач используются самые разные, взаимодополняющие методы. Благодаря этому появляется возможность изучать микро- и наномир с разных точек зрения, перейти на качественно новый уровень диагностики, подобно тому, как бинокулярное зрение дает людям ощущение глубины — третьего измерения. ■

НЕЙРОКОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КУРЧАТОВСКОМ ИНСТИТУТЕ

РАБОТА ОТДЕЛА НЕЙРОКОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КУРЧАТОВСКОГО НБИКС-ЦЕНТРА ВЕДЕТСЯ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ СРАЗУ МНОГИХ НАПРАВЛЕНИЙ НАУК И ТЕХНОЛОГИЙ, ВХОДЯЩИХ В СПЕКТР НБИКС,— ЭТО И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА, И НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ, И КОГНИТИВНАЯ ПСИХОЛОГИЯ, И ДАЖЕ ЛИНГВИСТИКА.

СЕРГЕЙ ШИШКИН, КАНДИДАТ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК, НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА НЕЙРОКОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В отделе нейрокогнитивных технологий изучают механизмы работы человеческого мозга, психики и коммуникации между людьми и на основе этих исследований разрабатывают новые технологии. Одна из наиболее ярких разработок отдела последнего времени — конструктор эмоционально окрашенной речи для программирования небольшого робота.

ЭМОЦИОНАЛЬНАЯ МАШИНА Робот (он тоже разработан в отделе) «произносит» заданный ему текст, снабженный специальной «эмоциональной» разметкой. Эта разметка определяет не только интонацию, с которой должны произноситься слова, но и то, какой мимикой и жестами они сопровождаются. У него время от времени меняется выражение «лица» и очень естественно двигаются голова и ручки.

«Окрашивание» речи робота эмоциями производится с помощью специального языка BML, который используется в программировании поведения виртуальных антропоморфных персонажей, например, компьютерных игр. Однако само по себе такое программирование не даст естественного поведения персонажа: если подбирать сочетания речи с жестами и мимикой наугад, они часто выглядят фальшивыми. Сотрудники отдела долгое время записывали на видео и исследовали примеры поведения сотен людей в диалоге и монологе в естественных ситуациях, и именно это позволило им разработать такие кирпичики эмоционального речевого и жестово-мимического поведения, из которых можно легко собирать естественное поведение робота.

Не так давно с роботом пообщалась группа школьников. Им была поставлена задача научить робота с выражением читать стихи и произносить монологи. Хотя большинство ребят впервые знакомилось с языком BML, они освоили программирование робота очень быстро. После нескольких часов таких занятий школьники уже смогли углубиться в нюансы декламации при использовании различных приемов интонации, мимики и жестов. Они самостоятельно

определяли, когда робот выглядит неумеренно пафосным и смешным и какие приемы «программирования» эмоций делают его речь, напротив, наиболее убедительной.

РУКИ ПРОЧЬ ОТ КОМПЬЮТЕРА Другое направление работы отдела нейрокогнитивных технологий, в котором объединяются совершенно, казалось бы, несоединимые области фундаментального знания и техники, — это разработка новых типов человеко-машинных интерфейсов — устройств, с помощью которых человек управляет различной техникой. Сегодня существуют два новых вида таких интерфейсов, позволяющих взаимодействовать с компьютером без помощи рук, — это системы управления с помощью взгляда и системы управления с помощью сигналов мозгового происхождения: интерфейсы «мозг—компьютер» (ИМК). В первую очередь такие интерфейсы необходимы для помощи парализованным людям, но все чаще рассматривается возможность их использования и здоровыми людьми.

ИМК и систему управления с помощью взгляда обычно разрабатывают в разных лабораториях, но в отделе нейрокогнитивных технологий Курчатковского НБИКС-центра занимаются обоими интерфейсами. Здесь также создают гибридные интерфейсы, объединяющие положительные стороны и тех и других.

ВЗГЛЯД ВМЕСТО МЫШИ Прежде чем навести курсор на ссылку или «кнопку» на компьютерном экране и сделать клик, мы сначала смотрим на них, ненадолго задерживая взгляд, иначе мы бы постоянно промахивались. После того как решено, куда кликать, нам еще нужно взять в руки мышку, подвести курсор к цели, проверить, точно ли мы в нее попадаем...

Не слишком ли много лишних действий, если место на экране, по которому мы хотим кликнуть, можно определить уже по направлению нашего взгляда? Действительно, технологии, которые это делают, существуют: в их ос-

нове лежит отслеживание направления взгляда с помощью специальных видеокамер. Эти технологии все шире используются в ассистивных устройствах, дающих парализованным людям возможность управлять компьютером и с его помощью общаться со всем миром.

Но как только взгляд приобретает способность «кликать», подобно компьютерной мыши, он начинает делать «клики» на каждом объекте, заинтересовавшем пользователя. Это так называемая проблема прикосновения Мидаса, получившая название по имени царя Мидаса из древнегреческих мифов, который превращал в золото все, к чему прикасался. Избежать ее очень сложно: глазу естественно автоматически наводиться на то, что нас заинтересовало, и мы чаще всего совершенно не замечаем эту постоянно идущую работу.

И вот тут на помощь приходит интерфейс «мозг—компьютер». Когда пользователь взаимодействует с компьютером, он ожидает, что в ответ на его действия будет что-то происходить — например, будет меняться цвет ссылок и кнопок. А состояние ожидания сопровождается возникновением в электрических сигналах, идущих из мозга — электроэнцефалограмме, особой волны, которая так и называется — волна ожидания.

Специалисты отдела нейрокогнитивных исследований Курчатковского НБИКС-центра в ходе работы, в которой участвовали и студенты московских вузов, впервые выяснили, что именно такая волна возникает и при взаимодействии с компьютером с помощью взгляда. Исследователям удалось разработать интерфейс «мозг—компьютер», выявляющий ее в коротких (менее секунды) отрезках электроэнцефалограммы с помощью специальных математических алгоритмов и разрешающий компьютеру откликаться только на задержки взгляда, в которых эти алгоритмы ее обнаруживают. В сочетании с распознаванием направления взгляда получается то, что в отделе называют интерфейс «глаз—мозг—компьютер». ■



ИССЛЕДОВАТЕЛЯМ УДАЛОСЬ РАЗРАБОТАТЬ ИНТЕРФЕЙС «МОЗГ—КОМПЬЮТЕР», ВЫЯВЛЯЮЩИЙ ВОЛНУ ОЖИДАНИЯ НА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЕ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛЬНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ, И РАЗРЕШАЮЩИЙ КОМПЬЮТЕРУ ОТКЛИКАТЬСЯ ТОЛЬКО НА ЗАДЕРЖКИ ВЗГЛЯДА, В КОТОРЫХ ЭТИ АЛГОРИТМЫ ЕЕ ОБНАРУЖИВАЮТ

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И НЕЙРОМОРФНЫЕ СИСТЕМЫ

В ПОСЛЕДНИЕ ДВА ДЕСЯТИЛЕТИЯ ИНТЕРЕС К ИССЛЕДОВАНИЯМ И РАЗРАБОТКАМ В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА СРЕДИТЕЛЬНО ВОЗРАСТАЕТ. А НАЧАЛОСЬ ЭТО В СЕРЕДИНЕ ПРОШЛОГО ВЕКА. ВЯЧЕСЛАВ ДЕМИН, КАНДИДАТ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК, ДИРЕКТОР-КООРДИНАТОР ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Чуть важнейших открытий в области нейробиологии и создания нейронной теории нервной системы принадлежит нашим знаменитым соотечественникам — Ивану Павлову, первому русскому лауреату Нобелевской премии, и его ученику Петру Анохину. А криптоанализ и теория информации введены в теоретический научный оборот пионерскими работами Алана Тьюринга, Клода Шеннона, Фрэнка Розенблатта и др.

Но технологий, чтобы воплощать эти идеи, еще 50 лет назад не существовало — потребовался взрывной рост информационно-вычислительных и нанотехнологий.

Нанотехнологии, при помощи которых можно управлять небольшими группами атомов и молекул, в современном понимании необходимы и для создания традиционных вычислительных комплексов следующего поколения, и принципиально новых нейроморфных аппаратных систем ИИ. Такие системы построены природоподобно, по аналогии с нервной системой высших животных — сложно устроенным комплексом огромного числа (около 90 млрд у человека) вычислительных элементов (нейронов) и еще большего (в 10 тыс. раз) количества элементов распределенной памяти — синаптических контактов, то есть связей между нейронами.

СЛАБЫЙ И СИЛЬНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ Искусственные системы с большим числом нейронов — чрезвычайно сложное дело, но игра стоит свеч: пока появляются системы только так называемого слабого ИИ, не осознающего самого себя и произведенных им операций. Но в перспективе должен появиться качественно отличающийся сильный ИИ, который в некоторой степени способен осмысливать генерируемую им самим, то есть не заложенную при создании информацию.

Основные мотивы использования ИИ — решение антропогенных задач. Это задачи, возникающие перед человеком и имеющие огромное, практически непрерывное число вариантов решения. Речь о системах фокусировки внимания и распознавания визуальных и звуковых образов, статических и динамических сцен. Сюда же относятся предсказание и планирование, принятие решений, восприятие и синтез речи, моделирование эмоций, управление исполнительными устройствами.

Решение подобных интеллектуальных задач вызовет к жизни новые технологии в самых разных сферах: быстрый трейдинг, персональные электронные помощники, автомобильная промышленность, аэрокосмическая от-

НЕСМОТЯ НА ОГРОМНЫЙ ПЛАСТ НАКОПЛЕННЫХ ЗНАНИЙ, ДАННЫХ О РАБОТЕ МОЗГА КАК НА МОЛЕКУЛЯРНО-КЛЕТОЧНОМ, ТАК И НА МАКРОСЕТЕВОМ УРОВНЕ ЕЩЕ НЕДОСТАТОЧНО



расль, энергетика, медицина, робототехника, оборонно-промышленный комплекс... Наиболее активное внедрение ИИ ожидается в обработке данных (большие данные — Big Data) и деятельности, сопряженной с рисками для здоровья и жизни человека.

НЕОБХОДИМА КОНВЕРГЕНЦИЯ Создание продвинутых прикладных систем ИИ, особенно с эмулирующей осознания информации и эмоционально-речевой коммуникации, возможно только при объединении нескольких наук и технологий — конвергенции. Сегодня, несмотря на огромный пласт накопленных знаний, данных о работе мозга как на молекулярно-клеточном,

так и на макросетевом уровне все еще недостаточно. Нужны современные инструменты: оптогенетика (генетические метки на нейронах флуоресцирующими белками), оптико-микроскопический имиджинг, функциональная магнитно-резонансная томография, электроэнцефалография и т. п.

Нейроморфные системы требуют нанотехнологической базы — для создания материалов и устройств, имитирующих свойства нейронов и синапсов: технологии синтеза тонких пленок, органических и композитных материалов, оптическая и электронная литография, диагностико-измерительные рентгеновские и электрофизические методы и др.

А для моделирования принципов работы мозга и нейроморфных систем необходим мощный суперкомпьютер.

Отработка и обучение интеллектуальных систем, получение ими субъективного опыта решения целевых задач потребуют робототехники, в том числе антропоморфной, с развитой сетью сенсоров.

ПОДОБНО ПРИРОДЕ Комплексные исследования в этом сложнейшем направлении начались в 2009 году в Курчатковском институте, где его директор (в настоящее время президент) Михаил Ковальчук создал новое подразделение — конвергентных нано-, био-, инфо-, когнитивных и социогуманитарных наук и технологий. Курчатковский НБИКС-центр — одна из немногих в мире научных лабораторий, где есть все необходимое высокотехнологичное оборудование, специалисты, а главное — идеология развития междисциплинарных направлений, включая нейрокогнитивные науки и технологии ИИ. Сегодня ученые Курчатковского комплекса НБИКС-природоподобных технологий изучают механизмы формирования памяти на клеточно-сетевом уровне, разрабатывают нейроинтерфейсы «глаз—мозг—компьютер», нейроморфные вычислительные устройства, нейрогибридные системы, ИИ для семантико-

синтаксического анализа текстов, больших данных класса мегасайнс, групповой и антропоморфной робототехники.

Одна из важнейших не только фундаментальных, но и прикладных задач, над которой работают в НБИКС-центре, — моделирование в искусственных нейроморфных системах нейросетевой крупноблочной архитектуры мозга. Это шаг в сторону прототипов систем сильного ИИ. Сегодня почти все технологии ИИ гибридные: только часть подсистем выполнена на основе нейросетевых, то есть природоподобных алгоритмов (например, распознавание визуальных объектов), прочее же определено заранее — необходимое действие выбирается из заданных программистом решений. Чтобы моделировать в искусственной системе поведение человека или животного, нужно перейти на аппаратную основу ИИ, построенную как подобие нейросетевой структуры мозга, — и это позволит качественно повысить производительность нейровычислений. Следом нужно моделировать в нейросетевом базисе и все основные функциональные подсистемы мозга: внимание, зрение, синтез эмоций и ассоциаций, оценка и принятие решений, моторные команды для управления исполнительными устройствами. И, наконец, необходимо обучить и испытать эти системы в робототехническом «теле», снабженном системой сенсоров и двигателей. Это очень амбициозная задача, исполнение которой позволит создать сложнейшие природоподобные технологии.

Такое сочетание высокопрофессионального междисциплинарного научного коллектива и суперсовременных приборов, которое обеспечено в Курчатковском НБИКС-центре, дает надежду, что и с этой задачей удастся справиться. Кроме всех тех возможностей выхода в реальные технологии будущего, которые пока даже трудно предугадать, возможно, мы сможем узнать что-то новое о природе нашего сознания и мышления, чувств и эмоций. А значит, лучше познаем самих себя. ■

НЕЙРОМОРФНЫЕ АППАРАТНЫЕ СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПОСТРОЕНЫ ПРИРОДОПОДОБНО, ПО АНАЛОГИИ С НЕРВНОЙ СИСТЕМОЙ ВЫСШИХ ЖИВОТНЫХ



ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БЕЛКОВЫХ МОЛЕКУЛ

В ОСНОВЕ ВСЕЙ ЖИЗНИ ЛЕЖАТ БЕЛКИ: ОНИ ОБЕСПЕЧИВАЮТ СУЩЕСТВОВАНИЕ КЛЕТКИ, ЕЕ РОСТ И РАЗВИТИЕ, ОНИ ЖЕ ЗАЩИЩАЮТ ЕЕ ОТ ВНЕШНИХ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ ЯДОВ. УЧЕНЫМ ОЧЕНЬ ВАЖНО РАЗГЛЯДЕТЬ БЕЛКИ И ПОНЯТЬ, КАК ОНИ РАБОТАЮТ. ЭТУ ЗАДАЧУ ПОЗВОЛЯЕТ РЕШИТЬ ЕДИНСТВЕННОЕ В СВОЕМ РОДЕ ОБОРУДОВАНИЕ В КУРЧАТОВСКОМ ИНСТИТУТЕ. ЮЛИЯ ДЬЯКОВА, КАНДИДАТ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК, РУКОВОДИТЕЛЬ КУРЧАТОВСКОГО КОМПЛЕКСА НБИКС-ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Молекула белка представляет собой последовательность аминокислотных остатков, информация о которой записана в ДНК. Благодаря внутримолекулярному взаимодействию такая полипептидная цепочка самоорганизуется в трехмерную структуру. Взаимодействуя между аминокислотными остатками, вся полипептидная (белковая) цепь белка самоорганизуется в трехмерную структуру.

Взаимодействие белков с целевыми молекулами основано на принципе «замок—ключ», поэтому биологическая функция белка определяется именно трехмерной структурой его молекулы. Для понимания роли каждого из белков и ее корректировки (если по какой-то причине функция белка была нарушена) нужно иметь точную информацию о взаимном расположении всех атомов (с точностью до ангстрема!), из которых состоит белковая молекула.

Исследование белковой структуры позволяет также определить, как взаимодействует белок с различными веществами. Все эти знания необходимы в медицинской диагностике, особенно для распознавания болезни на ранней стадии, для разработки новых лекарственных препаратов и, конечно, для создания природоподобных гибридных систем, в которых основной функциональный элемент — белок.

ИСКУССТВЕННОЕ ЧУВСТВЕННОЕ ВОСПРИЯТИЕ

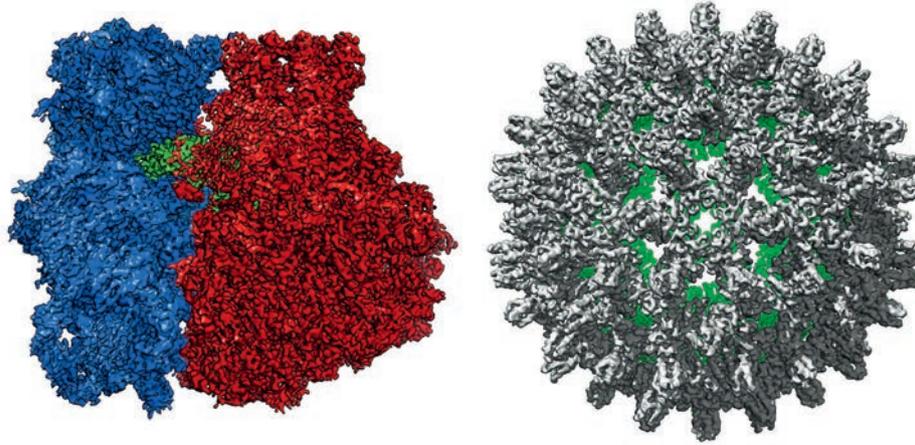
Когда наши органы чувств принимают от внешнего мира какой-то сигнал или когда внутреннее состояние организма претерпевает изменения, «биологический сигнал» воздействует в первую очередь на белковые молекулы. Если использовать эту удивительную особенность белков — способность детектировать свет, запах, вкус, механические смещения, звук, можно создать бионические аналоги каждого из органов чувств.

В Курчатовском комплексе НБИКС-природоподобных технологий проводятся исследования, охватывающие полную цепочку работ с белками: от постановки задачи, получения белковых объектов (клонирование необходимого гена, экспрессия, то есть синтез, функционального белкового продукта, его выделение и очистка) до точнейшего определения их структуры с помощью самого полного комплекса методов, существующих в мире на сегодняшний день.

Оборудование, имеющееся в Курчатовском институте, дает ученым возможность совершать фундаментальные открытия. Например, исследователь может воспользоваться единственным в России специализированным источником синхротронного излучения, единственным в России криоэлектронным микроскопом, спектрометром ядерного магнитного резонанса (ЯМР-спектрометр). Такой набор инструментов целиком охватывает все методики исследования структуры белковых молекул, доступные современной науке.

ИЗ БЕЛКА СДЕЛАТЬ КРИСТАЛЛ Самый популярный метод определения трехмерной структуры белковых молекул сегодня — метод рентгеноструктурного анализа. Чтобы им воспользоваться на практике, нужно вначале получить белковые кристаллы, что само по себе является довольно трудной задачей. В формировании белковых кристаллов участвует множество факторов, и до сих пор не существует общепризнанной системы подбора параметров для роста кристаллов.

В Курчатовском институте для этого используется специальная роботизированная система, которая позво-



МОДЕЛИ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ С ПОМОЩЬЮ КРИОГЕННОГО ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПА: РИБОСОМНЫЙ КОМПЛЕКС С АНТИБИОТИКОМ (СЛЕВА), ВИРУС ГЕПАТИТА В БЕЗ ДНК (СПРАВА)

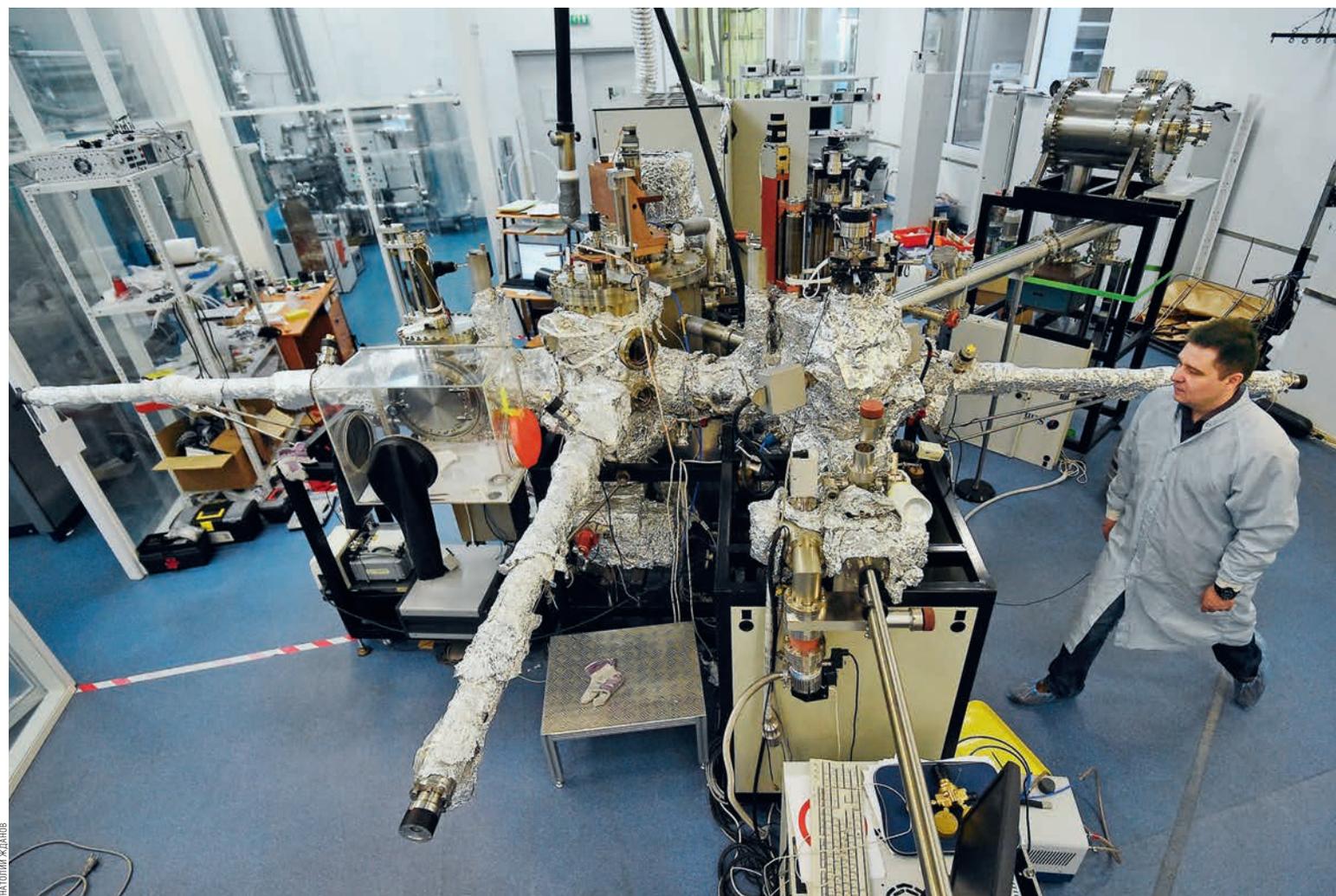
ляет быстро перебрать большое количество условий, а расходует она минимальное количество белка. Полученные кристаллы «просвечивают» пучком синхротронного излучения на станции «Белок» Курчатовского источника синхротронного излучения. Чтобы минимизировать повреждение молекулы от действия радиации, сам кристалл помещают в пары кипящего азота. Анализ дифракционных картин позволяет ученым восстановить структуру с разрешением от одного до нескольких ангстрем.

Вторым по популярности после рентгеноструктурного анализа методом определения структур биомолекул стал метод ядерного магнитного резонанса. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса позволяет ученым определить структуру белков относительно небольшого размера, причем непосредственно в растворе. В НИЦ «Курчатовский институт» работает самый современный ЯМР-спектрометр, благодаря которому можно, например, определить структуру белковых соедине-

ний даже в том случае, если не удается или принципиально невозможно получить кристалл белка.

ОБЕЗДВИЖИТЬ И РАЗГЛЯДЕТЬ За прошлый год экспоненциально увеличилось число белков и биомолекул (рибосомы, вирусы и тому подобные объекты), структуру которых удается определить с помощью метода просвечивающей криоэлектронной микроскопии. Биологические молекулы специальным образом «замораживаются», а затем просвечиваются пучком электронов. Анализ картинок, получаемых на детекторе, позволяет восстановить трехмерную структуру молекул. Все это осуществляется при помощи криоэлектронного микроскопа, который оснащен корректором сферических aberrаций. Этот же микроскоп используется и в исследованиях, когда необходимо определить структуру больших биологических молекул и белков — вирусов, рибо-, дезоксирибонуклеиновых кислот и других соединений, кристаллизация которых по естественным причинам затруднена.

Огромные массивы экспериментальных данных учены Курчатовского института обрабатывают при помощи Комплекса моделирования и обработки данных исследовательских установок мега-класса. У этого комплекса небывалое количество функций и возможностей — к примеру, с его помощью можно предсказывать поведение биологических объектов и биомолекул на траекториях в несколько микросекунд, можно даже моделировать биологические процессы в живых клетках! ■



УСТАНОВКА МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВОЙ ЭПИТАКСИИ

ОТ ИМПЛАНТА К ОРГАНУ

САМОЕ ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В СОВРЕМЕННОМ ЗДРАВООХРАНЕНИИ — РЕГЕНЕРАТИВНАЯ, ИЛИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ, МЕДИЦИНА. ОСНОВНАЯ ЕЕ ЗАДАЧА — НЕ ЗАМЕЩАТЬ ПОРАЖЕННЫЙ ОРГАН ИЛИ ТКАНЬ ИМПЛАНТОМ-ПРОТЕЗОМ, А ВОССТАНОВИТЬ ИХ ВНУТРИ ОРГАНИЗМА.

ТИМОФЕЙ ГРИГОРЬЕВ, КАНДИДАТ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК, НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА НАНОБИОМАТЕРИАЛОВ И СТРУКТУР КУРЧАТОВСКОГО КОМПЛЕКСА НБИКС-ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Чтобы восстановить поврежденный орган, порой недостаточно одной специальной диеты, да и сам размер повреждения нередко требует особых мер. Органы получают восстанавливать при помощи новых материалов, имеющих в основании функциональные полимеры, различные металлы и композиты. Создать материал, который не окажет общетоксического или аллергического воздействия на организм, не вызовет воспаления и не спровоцирует развития инфекции, — непростая задача, для решения которой требуется скрупулезный междисциплинарный подход.

В Курчатовском комплексе НБИКС-природоподобных технологий Национального исследовательского центра «Курчатowski институт» коллектив ученых проводит исследования на стыке физики, химии, биотехнологии, биофизики, молекулярной и клеточной биологии, медицины: миссия исследователей — не только разработать новые материалы для восстановления органов, но и придумать, как такие биоматериалы можно модифицировать, сделать более надежными и добиться лучшей их биосовместимости с организмом. С самыми перспективными биоматериалами команда проводит клинические эксперименты и дает оценку их медико-биологических свойств

РАСТВОРИТЬСЯ В ОРГАНИЗМЕ Уникальные материалы для биомедицины могут быть получены различными путями. Если взять, скажем, обычный фторполимер, близкий родственник тефлона (который используют для покрытий в сковородах), и правильно его сформовать, то при имплантации этот материал уже не будет вызывать негативный ответ организма: клетки просто пройдут в него, на этом каркасе организуется новая ткань. Разумеется, и это тоже будет своего рода имплант, однако уже нового поколения — имплант улучшенной приживляемости. Высший пилотаж, к которому стремится передовая восстановительная медицина, — это биоразлагаемый каркас, который пробудет внутри организма сколько нуж-

но и просто исчезнет, растворится. И с такими полимерами также работают в Курчатовском институте.

КУКУРУЗА ПРОТИВ ТУБЕРКУЛЕЗА В лабораториях отдела нанобиоматериалов и структур создаются и исследуются как биоразлагаемые полимеры, так и разнообразные материалы из них. Именно характеристика материала (а не только самого полимера, из которого материал сделан) определяет то, каким образом можно его применить. Вот полилактид — синтетический биоразлагаемый полимер, получаемый на основе сахаросодержащего сырья (например, кукурузы). Если «подробить» этот полимер на наночастицы, то получится основа для суперлекарства: оно равномерно распределится по организму, направленно выберет для действия только пораженную область. Конечно, такими средствами не имеет никакого смысла лечить насморк или царапины, такие лекарства предназначены для давних и опасных врагов человечества — рака, туберкулеза. Если сформовать волокна диаметром 500–3000 нанометров, то такой волокнистый материал станет замечательным каркасом для живых клеток, которые сформируют на нем ткань или орган.

ГУБКА ВМЕСТО ЛЕГКОГО Сотрудники НИЦ «Курчатowski институт» совместно с врачами разного профиля создают биоискусственные каркасы самых разных органов: кровеносных сосудов, кожи, трахеи, желчного протока, пищевода. Если увеличить размер структур и создать, скажем, пористый материал («губку») диаметром поры 100–200 микрон, то он может стать основой и других, более сложно устроенных органов, например спинного мозга или костей. Но наиболее перспективным представляется использование такой «губки» при операциях на легких — в пульмонологии. Очень часто после удаления части легкого из-за туберкулеза, онкологического заболевания или травмы есть необходимость воспрепятствовать его перерастяжению

в освободившийся объем — для легкого это губительно, перерастяжение легкого ведет к новой болезни и часто является причиной рецидива туберкулеза, а легкое не сошьешь и не склеишь. Эти особенности легкого и диктуют свойства материала: он должен быть объемным (до 0,5 л), но легким и должен со временем заместиться тканями организма.

Очень важно формировать материал, основываясь на знаниях врачей: в исследованиях с Курчатовским институтом тесно сотрудничает заведующий отделом хирургии Национального медицинского исследовательского центра фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний Министрства здравоохранения России Казбек Токаев.

ЗАМЕНИТЕЛЬ КОСТИ РАССОСЕТСЯ Подобные же пористые материалы с внедренными в них лекарствами могут применяться при переломах и ранах с инфекционными осложнениями как каркасы мягких тканей. Если из того же полимера полилактида сделать массивные изделия — винт или пластину, то с их помощью будет обеспечена наилучшая фиксация костей при сложных переломах.

Сейчас хирурги-травматологи для лечения переломов используют титановые импланты, которые по окончании лечения необходимо извлекать из организма. Разработка ученых Курчатовского института избавит пациентов от дополнительных мучительных операций. Ученые лаборатории нанобиоматериалов и структур НИЦ «Курчатowski институт» разработали биодеградирующие костные импланты и конструктивные детали для остеосинтеза — сращения костей. При их использовании пациентам после курса лечения не будет надобности вновь ложиться на операцию для извлечения имплантов: со временем имплант сам рассасывается.

Однако это не должно случиться слишком рано, когда кость еще не срослась или когда имплант еще не оброс собственной тканью организма. С другой стороны, имплант не должен быть слишком прочным, ведь иначе он



ОЖОГОВУЮ ПОВЕРХНОСТЬ МОЖНО ОБОЕРЕГАТЬ ОТ ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СПЕЦИАЛЬНЫМ МАТЕРИАЛОМ

может травмировать соседние ткани и лишь усугубить повреждение. Поэтому чрезвычайно важно регулировать прочность материала, для чего требуется глубокое понимание материала, его свойств и его синтеза.

УНИКАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В лабораториях Курчатовского института исследуют прочностные свойства каркасов тканей и органов: ученые, можно сказать, учатся у природы. Физики и химики, «настроив» структуру материала, передают его биологам для выяснения совместимости с клетками. Для медицинских изделий первым «измерительным инструментом» часто являются руки хирурга, который лучше чувствует, какие нужны свойства для операции. И в таком непрерывном междисциплинарном взаимодействии получают материалы с уникальными свойствами, эволюционирующие от импланта к органу. ■



ГУБКА ПОСЛЕ УДАЛЕНИЯ ЧАСТИ ЛЕГКОГО БУДЕТ ПРЕПЯТСТВОВАТЬ ПЕРЕРАСТЯЖЕНИЮ СОХРАНЕННОЙ ЧАСТИ



МОЖНО СОЗДАТЬ БИОИСКУССТВЕННЫЙ КАРКАС ДЛЯ САМЫХ РАЗНЫХ ПОЛЫХ ОРГАНОВ



ВИНТ ВЫПОЛНИТ СВОЮ ФИКСИРУЮЩУЮ ФУНКЦИЮ И РАССОСЕТСЯ, ОПЕРАЦИЯ НЕ ПОТРЕБУЕТСЯ

ИСТОРИЯ С ПЕРЕСАДКАМИ

Одними из первых, кто совершил операцию по трансплантации конечностей, принято считать св. Косму и Дамиана: согласно легенде, они ампутировали пациенту нижнюю конечность и пересадили ему ногу чернокожего человека. Однако современная история трансплантологии — отрасли хирургии, занимающейся пересадкой органов и тканей, — начинается с 1933 года, когда советский хи-

рург Юрий Вороной впервые в истории попытался пересадить пациенту почку умершего человека. Несмотря на то что операция была неудачной, она дала толчок к дальнейшему изучению возможности пересадки органов. В 1946 году советский ученый Владимир Петрович Демидов трансплантировал сердце собаки, таким образом став пионером в области трансплантации сердечно-легочного центра.

В 1954 году произошла первая успешная пересадка человеческого органа: американский хирург Джозеф Мюррей заменил почку пациента почкой его однояйцевого близнеца, за что получил Нобелевскую премию, а в 1967 году южноафриканский хирург Кристиан Барнард провел первую трансплантацию сердца.

Параллельно с трансплантологией настоящих органов развива-

лась также пересадка искусственно созданных органов — так, в 1937 году уже названный Демидов пересадил первое искусственное сердце собаке. Первое же искусственное сердце, пересаженное человеку, было впервые трансплантировано в 1982 году американским хирургом Дейтоном Кули: пациент Барни Кларк прожил с новым сердцем 112 дней. Трансплантология сердца не

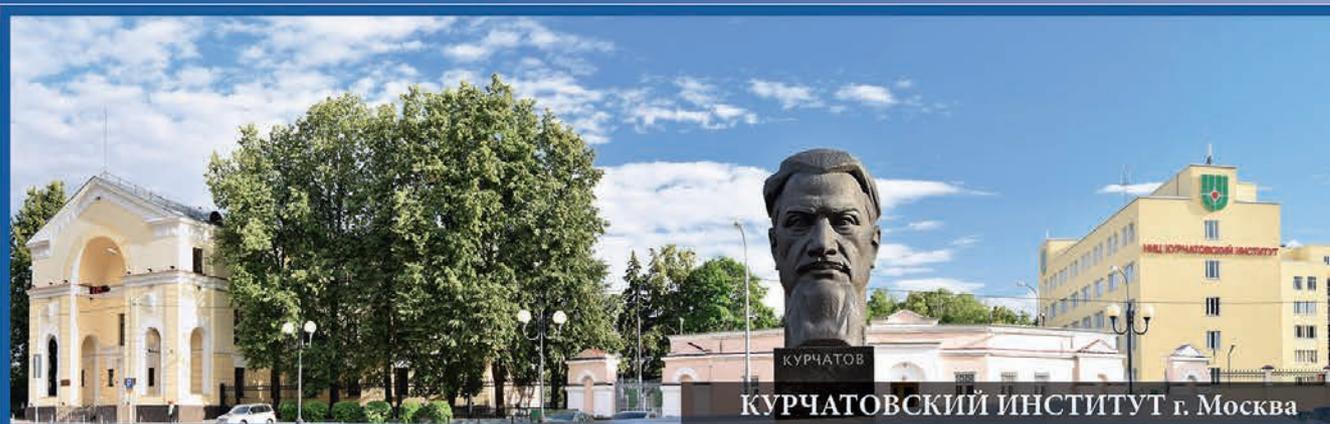
могла и не может полностью обеспечить спрос, поскольку количество ожидающих трансплантацию сердца значительно превышает возможности доноров, поэтому разработки по улучшению искусственного сердца ведутся до сих пор. Однако разработки ведутся не только в этой области — например, в 2011 году была проведена первая операция по пересадке искусственно созданной тра-

хеи, для создания которой лондонские ученые нарастили материал из стволовых клеток пациента на искусственную основу. Кроме того, в современной медицине практикуется пересадка костных тканей — так, в 2014 году врачи из Пекинского университета трансплантировали пациентам позвонки, созданные с помощью 3D-принтера.

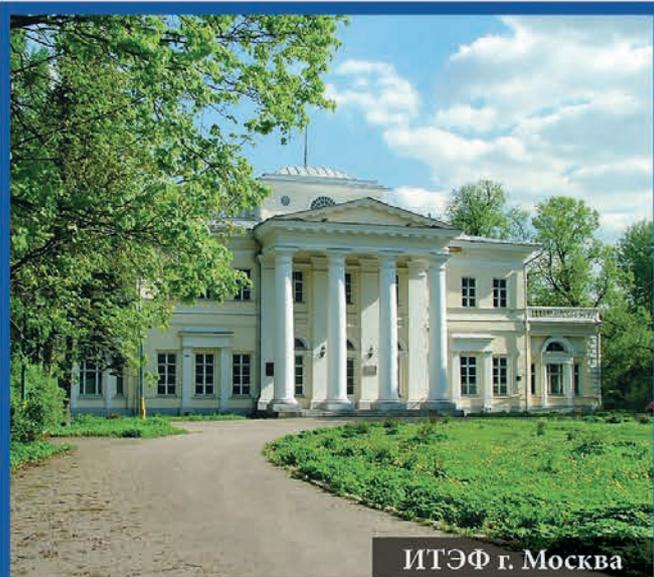
ГРИГОРИЙ ЯКОВЛЕВ



ИСТОРИЯ КУРЧАТОВСКОГО ИНСТИТУТА



КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ г. Москва



ИТЭФ г. Москва



ИФВЭ г. Протвино (МО)



ПРОМЕТЕЙ г. Санкт-Петербург



ПИЯФ г. Гатчина (Лен. обл.)



ИРЕА г. Москва



ГосНИИгенетика г. Москва

- 12 апреля 1943 г.** Создание Лаборатории №2 под руководством Игоря Курчатова
- 25 декабря 1946 г.** Пуск первого на Евразийском континенте уран-графитового ядерного реактора Ф-1 в Лаборатории №2 Игорем Курчатовым с сотрудниками
- 29 августа 1949 г.** Взрыв первой в СССР атомной бомбы РДС-1. Конец ядерной монополии США
- 5 мая 1951 г.** Начало работ по управляемому термоядерному синтезу
- 26 июня 1954 г.** Пуск первой в мире атомной электростанции в Обнинске. АЭС с реактором АМ («атом мирный») включена в энергосистему страны
- 25 апреля 1956 г.** Начало международного сотрудничества в области использования ядерной энергии
Выступление И. В. Курчатова в Харуэллском ядерном центре (Великобритания) с докладами «Некоторые вопросы развития атомной энергетики в СССР» и «О возможности создания термоядерных реакций в газовом разряде»
- 1 июля 1958 г.** Поднят флаг на первой в СССР атомной подводной лодке.
В январе 1959 года АПЛ «Ленинский комсомол» передана в состав Военно-морского флота для опытной эксплуатации
- 3 декабря 1959 г.** Сдан в опытную эксплуатацию первый в мире атомный ледокол «Ленин»
- 7 марта 1961 г.** В институте на базе нескольких секторов образован радиобиологический отдел
В институте, несмотря на запрет в 1948 году генетических исследований в СССР, проводились работы в области генетики и селекции микроорганизмов
- Июнь 1961 г.** Пуск установки токамак Т-3, начало эры токамаков в исследованиях по термоядерной энергетике
В 1968 году на Т-3 была достигнута температура плазмы в 10 млн°С. Слово «токамак» стало международным
- 14 августа 1964 г.** Пуск первой в мире энергетической установки «Ромашка» с термoelectricким преобразователем энергии
- 30 сентября 1964 г.** Пуск первого блока Нововоронежской АЭС
Реактор ВВЭР-210 был на тот момент самым мощным энергетическим реактором в мире. Курчатовский институт — научный руководитель
- 17 августа 1977 г.** Атомный ледокол «Арктика» впервые достиг Северного полюса
- Ноябрь 1979 г.** Пуск первого в мире токамака со сверхпроводящей обмоткой Т-7
- 1 августа 1990 г.** Старт российского сегмента интернета (рунета)
С использованием ресурсов и инфраструктуры Курчатовского института создана первая публичная компьютерная сеть союзного масштаба «Релком», соединившая компьютеры в научных учреждениях Москвы, Ленинграда, Новосибирска и Киева телефонными каналами связи через модемы. Зародилась система электронной почты
- 1 октября 1999 г.** Председатель правительства России Владимир Путин открыл Курчатовский центр синхротронного излучения
Курчатовский синхротрон — междисциплинарная мегаустановка, единственная на постсоветском пространстве
- 11 июня 2009 г.** Создание Курчатовского центра конвергентных НБИКС наук и технологий
- Лето 2009 г.** В МФТИ открыт базовый факультет НИЦ «Курчатовский институт» — факультет нано-, био-, информационных и когнитивных технологий
Первый в мире факультет для подготовки высококвалифицированных специалистов, ориентированных на решение междисциплинарных научных задач на стыке физики, химии, биологии, информатики и когнитивных наук
- Октябрь 2009 г.** Расшифрован первый полный геном русского человека (восьмой полный геном человека в мире)
Впервые в России проведено полногеномное секвенирование человека
- 27 июля 2010 г.** Создание Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
Один из ведущих научных центров мира, первая междисциплинарная национальная лаборатория в России
- 28 февраля 2011 г.** Физический пуск высокопоточного исследовательского ядерного реактора ПИК
Расположен в НИЦ «Курчатовский институт» — ПИЯФ (Гатчина, Ленинградская область). Один из крупнейших исследовательских реакторов в Европе, по своим параметрам и экспериментальным возможностям превосходит все действующие исследовательские реакторы. После энергетического пуска в состав реакторного комплекса войдут несколько десятков экспериментальных установок. ПИК станет основой Международного центра нейтронных исследований мирового класса
- Декабрь 2016 г.** Завершено строительство уникального центра по переработке, кондиционированию и долговременному хранению радиоактивных отходов, образующихся при утилизации атомных подводных лодок в Мурманской области
Курчатовский институт выступил генеральным проектировщиком и заказчиком проекта с российской стороны по созданию полного цикла обращения с радиоактивными отходами. Это позволило решить задачу экологического оздоровления северо-запада России
- 3 февраля 2016 г.** В состав НИЦ «Курчатовский институт» вошли ЦНИИ КМ «Прометей» и Институт химических реактивов и особо чистых химических веществ ИРЕА
- 25 апреля 2017 г.** В состав НИЦ «Курчатовский институт» вошел ГосНИИ генетики и селекции промышленных микроорганизмов
По научно-техническому потенциалу объединенного коллектива НИЦ «Курчатовский институт» не имеет себе полных аналогов в мире