

От атомного проекта к «конвергенции»*



член-корреспондент РАН М.В.Ковальчук,
директор НИЦ «Курчатовский институт»

Мы отмечаем не просто юбилей научного института, пусть даже такого всемирно известного, как легендарный Курчатовский институт. 70 лет назад состоялось событие глобального масштаба — с исторической, научной, политической точки зрения.

Разрешите привести такую цитату великого немецкого философа Фридриха Энгельса из «Диалектики природы»: *«Это была эпоха, которая нуждалась в титанах и которая породила титанов по силе мысли, страсти и характеру, по многосторонности и учености»*. Он сказал это об эпохе и титанах Возрождения, как Леонардо да Винчи, Микеланджело. В эту эпоху человечество находилось на разломе, переходе от Средневековья в Новое время. И вот именно при таких цивилизационных вызовах появляются личности титанического масштаба. Это касается и времени совсем недавнего — начала атомной эры, когда на чаще весов находилась судьба всей нашей планеты.

Советский атомный проект создавало множество талантливых и самоотверженных ученых, инженеров, геологов, рабочих, солдат, лаборантов — их вклад бесценен. Но, если так можно сказать, основным «лицом» атомного проекта, его мотором был Игорь Васильевич Курчатов, и чуть позже эту эстафету подхватил Анатолий Петрович Александров. И.В.Курчатов стал одним из первых, кто не просто почувствовал новый цивилизационный вызов, сумел оценить его последствия для человечества, но и предложил пути решения этого вызова и блестяще их реализовал.

Не могу не привести еще одну цитату, на этот раз самого Игоря Васильевича — его обращение к руководству страны в 1944 году: *«Зная вашу исключительно большую занятость, я, все же, ввиду исторического значения проблемы урана решился побеспокоить вас и просить вас дать указания о такой организации работ, которая соответствовала бы возможностям и значениям нашего великого государства в мировой культуре»*. Вот такое, казалось бы, соединение несовмес-

тимых понятий — атомный проект, наше великое государство и мировая культура. А итогом стало создание 12 апреля 1943 года Лаборатории №2 — будущего легендарного Курчатовского института.

Сослагательного наклонения в истории не существует, но очевидно, что наша цивилизация сохранилась в последние 70 лет в значительной мере благодаря успешной реализации советского атомного проекта, который позволил на долгие годы сохранить паритет среди ядерных держав. И в 1990-е годы, тяжелейшие для России, мы сохранились как суверенное государство во многом потому, что у нас было атомное оружие. 70 лет назад наши предшественники с нуля, в тяжелейших условиях войны, создали такую совершенную научную систему, которая позволила не только решить в кратчайшие сроки конкретную военную задачу по созданию ядерного оружия, но и дала взрывное развитие уникальным технологиям, научным направлениям, составляющим нашу гордость и по сей день.

Советская атомная бомба была взорвана 29 августа 1949 года, но уже в 1954 году, основываясь прежде всего на военных наработках, Курчатов запускает первую в мире атомную промышленную электростанцию в Обнинске — и с нее начинается эра атомной энергетики. Затем логика развития энергетических исследований менялась от деления атомного ядра к синтезу, термоядерной энергетике, управляемому термоядерному синтезу, для чего было необходимо освоить магнитное удержание плазмы, и в Курчатовском институте был создан первый в мире ТОКАМАК. В связи с этим возникла потребность в новых материалах со сверхпроводящими свойствами, что сегодня дало развитие новой электроэнергетике, электродвижению. Затем на основе оружейных разработок было создано ядерное энергетическое устройство (ЯЭУ), и в 1958 году спущена на воду первая отечественная подводная лодка «Ленинский комсомол». В 1959 году мы создали первый в мире атомный ледокол «Ленин», и сегодня наш атомный ледокольный флот обеспечивает нам абсолютный приоритет на шельфе в Арктике.

Методы математического моделирования, компьютеры, интернет — все это появилось в ответ на вызовы атомного и космического проектов. Принципиально новые материалы, современное

* Доклад на торжественном заседании, посвященном 70-летию «Курчатовского института». Москва, Дом Ученых, 16 апреля 2013 г. Авторская сокращенная версия.



Научно-технологические прорывы XX века.

материаловедение также возникли для обеспечения этих проектов, что в свою очередь, потребовало создания различных ускорителей, источников синхротронного излучения и нейтронов. В рамках атомного проекта мы создали самую совершенную и сегодня промышленность по разделению изотопов, что обеспечило развитие ядерной медицины. Все это зримое доказательство того, что реализация глобального проекта обеспечивает множество научных и технологических прорывов. И сегодня, спустя десятилетия, мир во многом пользуется «плодами» атомного проекта. Существенная часть сегодняшней цивилизации так или иначе связана с реализацией И.В.Курчатовым, А.П.Александровым и их сподвижниками атомного проекта, который обеспечил обороноспособность и независимость страны, ее технологическое развитие и нашу сегодняшнюю конкурентоспособность на глобальных высокотехнологичных рынках.

Но сегодня, спустя 70 лет мы пришли к новому цивилизационному разлому, связанному с непреодолимыми противоречиями между природой и созданной человеком техносферой и в конечном итоге с очевидной исчерпаемостью ресурсов. Наш великий соотечественник академик В.И.Вернадский ввел понятие ноосферы, где «разумная деятельность социального человека» является определяющим фактором развития. После Второй мировой войны странами «золотого миллиарда» была запущена модель расширенного экономического воспроизводства, а фактически началось массовое истребление ресурсов. После включения в эту модель таких стран, как Китай и Индия,

общий кризис цивилизации перешел в новую фазу. Можно констатировать, что за последние десятилетия созданная человечеством технологическая сфера вступила в антагонистическое противоречие с природой, биосферой. Сегодня стоит вопрос: возможно ли вообще преодоление этого кризиса и в конечном счете — выживание человечества? Очевидно, что это возможно только при принципиальной перестройке базовых составляющих существующей цивилизационной модели: наука, образование, технологии. В этом и заключается новый вызов, сформировавшийся к концу XX века — не столь очевидный, но в каком-то смысле более глубокий и значительный, чем все предшествующие.

Речь идет о создании принципиально новой техносферы, которая станет органической частью природы. Это, в свою очередь, возможно путем конвергенции нано-, био-, инфо-, когнитивных (НБИК) наук и технологий.

Нанотехнологии — это метод получения материалов любого вида путем атомно-молекулярного конструирования. Биотехнологии вводят сюда органические компоненты, и сочетание нано-с био- дает возможность получить гибридный материал (например, полупроводник с детектором из биоорганического материала). Информационные технологии дают нам возможность сделать создаваемый объект «интеллектуальным», который не только измеряет конкретный параметр, но и обрабатывает его. И, наконец, когнитивные исследования, основанные на изучении сознания, дают возможность выработать алгоритмы «одушевления» создаваемых систем.



Научно-технологические прорывы XXI века: НБИКС-конвергенция.

Устройства и системы, создаваемые с помощью НБИК-технологий, должны иметь в корне отличающиеся от современных механизмы потребления энергии. В созданной нами техносфере мы сегодня используем машины и механизмы, потребляющие колоссальное количество энергии, для их работы в принципе не может хватить природоподобных энерготехнологий. И по сей день все разрабатываемые альтернативные технологии так и не стали мощным энергетическим ресурсом.

Энергетика будущего — это создание природоподобных систем генерации и потребления энергии на основе гибридных материалов, на порядки более экономных, действующих по законам «живой природы». Основа НБИК-конвергенции — соединение возможностей современных технологий, прежде всего микроэлектроники, с конструкциями, созданными живой природой. Крайне важно, что конвергенция НБИК наук и технологий имеет ярко выраженную социальную направленность: речь идет о новых материалах и системах, необходимых прежде всего для высокотехнологичной, персональной медицины, транспорта, связи, охраны окружающей среды и т.д.

Для решения этих задач нами несколько лет назад был создан уникальный Курчатовский НБИК-центр. Его главная цель — разработать научные и технологические основы для создания природоподобных технологий и систем. Ядром НБИК-центра являются мегаустановки: Курчатовский специализированный источник синхротронного излучения (КИСИ), исследовательский нейтронный реактор ИР-8, суперкомпьютерный центр. Кроме того, в состав НБИК-центра входят отделения: мо-

лекулярной биологии, белковой кристаллографии (белковая фабрика), физико-химических технологий, робототехнических и электромеханических систем. В биологическом комплексе мы можем проводить весь спектр работ: от создания белковых субстанций до геномных исследований. Сегодня генетика — это естественная наука, с хорошо отработанными технологиями, в частности, по полной расшифровке генома. Но еще в XIX веке общие закономерности наследственности и изменчивости изучали с помощью таких гуманитарных дисциплин, как антропология, этнография, археология, лингвистика.

А в XX веке, благодаря успехам молекулярной биологии, нанотехнологий, генетика стала естественнонаучной дисциплиной. То есть мы наблюдаем сращивание естественнонаучного и гуманитарного знания в единое целое.

Благодаря современному оборудованию Курчатовского НБИК-центра мы можем решать и такую социально важную задачу, как ускоренный дизайн лекарств — наш набор междисциплинарных инструментов позволяет осуществлять весь цикл: от идеи до производственной технологии. Одним из ключевых подразделений НБИК-центра является отделение робототехники и микро-нано-электромеханических систем. Непосредственная задача этого подразделения — создание антропоморфных биоробототехнических систем.

Крайне важной и интересной является работа нашего отделения когнитивных исследований, где выстроена технологическая цепочка от исследований нейрофизиологических основ когнитивной деятельности до создания искусственных уст-



Слияние гуманитарного и естественнонаучного знания.

ройств. Исследовательская инфраструктура для когнитивных наук является и базой для развития ядерной медицины. Сочетание потенциала Курчатковского института в области ядерных технологий и возможностей НБИКС-центра открывает принципиально новые возможности, например, при исследовании воздействия малых доз радиации на живые организмы. Мы имеем возможность исследовать воздействие любого рода частиц и любого вида излучения на стволовые клетки, на генетическую, иммунную систему, структуру белков, когнитивные функции. Такие знания необходимы при планировании полетов в дальний космос, когда космонавты будут годами находиться в условиях слабой радиации, и надо ясно понимать последствия этого для здоровья, влияния на когнитивные функции человека. Эти исследования важны также для развития ядерной медицины и лучевой терапии.

Конвергенция наук и технологий, с одной стороны, безусловно открывает перед людьми новые перспективы выживания, развития цивилизации, но и таит в себе новые угрозы, что в свою очередь требует изменения наших подходов к окружающему миру, его изучения как единого целого.

В когнитивных науках наиболее ярко проявляется «конвергенция» естественных дисциплин с гуманитарными. До недавнего времени работу мозга изучали исключительно по реакциям человека, его эмоциям на какое-то внешнее раздражение или информацию, выраженным лингвистически, психологически, социологически. Но сегодня мы можем изучать работу мозга уже с помощью позитронно-эмиссионного или ядерно-магнитного томографа — видеть до мельчайших деталей, как реагируют различные участки мозга при какой-либо ситуации. Здесь налицо конвергенция гуманитарного и естественно — научного знания, и превращения гуманитарного знания в технологии.

Таким образом нано-, био-, информационные технологии дополняются методами когнитивных наук, изучающих и моделирующих сознание чело-

века и соединяются с достижениями социально-гуманитарных наук. То есть пространство конвергентных технологий приобретает еще одно измерение — социально-гуманитарное, а конвергентное единство нано-, био-, инфо-, когнитивных технологий дополняется социально-гуманитарными технологиями, становясь уже НБИКС-технологиями. Это расширение конвергентных наук в далекую, казалось бы, от них гуманитарную область стало логическим итогом первого этапа развития НБИКС-наук и технологий в Курчатковском центре. Социогуманитарное подразделение работ

тает в самой тесной связи с отделением нейробиологии, молекулярной визуализации, математического моделирования и информационных технологий, робототехники и микросистем. Среди основных направлений его деятельности — исследование когнитивных и коммуникативных процессов у человека, прежде всего с точки зрения процессов принятия решений и разработки человеко-машинных интерфейсов. Отдельное направление изучает обобщение курчатковского опыта НБИКС-конвергенции, ее исторических и философских предпосылок. Это крайне важно с точки зрения социологии и методологии для задач образования и организации будущих научных исследований

Для обеспечения кадрами нашего нового направления НБИКС-конвергенции мы создали за несколько лет мощную образовательную базу. Начинали с кафедры физики наносистем в МГУ — пожалуй, первой междисциплинарной естественнонаучной кафедры такого рода в стране. А несколько лет назад был открыт НБИКС-факультет в МФТИ (пока единственный в мире), студенты и аспиранты которого учатся и работают в Курчатковском НБИКС-центре. Начата работа и на физическом факультете СПбГУ, который уже активно задействован в практической работе в Петербургском институте ядерной физики в г.Гатчина, тоже теперь входящем в НИЦ «Курчатковский институт».

В этом нашем институте находится уникальная мегаустановка — высокопоточный реактор нейтронов ПИК, который уже прошел физический пуск. Еще несколько лет потребует для следующего этапа — его энергетического пуска. В результате это будет самый современный исследовательский нейтронный реактор в мире, на базе которого создается международный центр нейтронных исследований.

Вообще реализация любого крупного научного проекта всегда связана с созданием мегаустановок, где концентрируются многие технологические достижения. Мегаустановки являются свиде-

тельством научно-технологического потенциала, конкурентоспособности страны и элементом национальной безопасности. В НИЦ “Курчатовский институт” существует уникальная комбинация мегаустановок мирового класса: источники синхротронного и нейтронного излучения, суперкомпьютер, установки термоядерного синтеза ТОКАМАК, суперсовременная приборная база. Не случайно именно на базе Курчатовского института в апреле 2008 года был образован первый в России национальный исследовательский центр. Разработана и утверждена общая научная программа институтов, входящих сегодня в НИЦ: Курчатовского института, Института физики высоких энергий (ИФВЭ), Института теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ), Петербургского института ядерной физики (ПИЯФ), в которой первое и главное — разработка и создание принципиально новых национальных мегаустановок мирового класса, научные исследования на них как в России, так и за рубежом. Вторая задача — модернизация уже существующих в Российской Федерации мегаустановок и вывод из эксплуатации устаревших научных комплексов, чего раньше мы никогда не делали, в отличие от других стран. По инициативе правительства сегодня в России уже реализуется наиболее перспективные проекты по созданию мегаустановок. Помимо нейтронного реактора ПИК в ПИЯФ НИЦ КИ Курчатовский институт совместно с Росатомом и итальянскими коллегами участвует также в проекте по разработке термоядерной мегаустановки принципиально нового типа ТОКАМАК “Игнитор”. Также НИЦ “Курчатовский институт” планирует создавать специализированный источник синхротронного излучения четвертого поколения. Этот проект уже получил поддержку на международном уровне от партнеров из ведущих синхротронных центров мира.

Мы также активно участвуем в самых значимых международных мегапроектах. Как уже говорилось, советским ученым принадлежит идея овладения процессами термоядерного синтеза, и первый в мире ТОКАМАК был создан в Курчатовском институте еще в 1950-х годах. Сегодня международная кооперация из восьми стран работает над созданием международного термоядерного реактора ITER на юге Франции. Также очень значительную роль Россия и конкретно НИЦ “Курчатовский институт” играет в проекте Большого адронного коллайдера в центре европейских ядерных исследований CERN в Швейцарии. На базе Курчатовского института сегодня создается компьютерный центр первого уровня (Tier-1) сети распределенных вычислений (GRID), которая обрабатывает и хранит данные от экспериментов, выполняющихся на БАК. Подобных центров первого уровня в мире всего 11.

Тесно сотрудничает НИЦ “Курчатовский институт” и с крупнейшим синхротрон-электронным центром Германии DESY. На базе DESY сегодня развивается еще один международный мега-



Мегаустановки для конвергентных исследований. Высокопоточный исследовательский реактор ПИК.

проект рентгеновского лазера на свободных электронах XFEL, где роль России является ключевой. Участие России в проекте XFEL было инициировано Курчатовским институтом, на который правительство возложило роль научного координатора и руководителя от России. Фактически это будет принципиально новый источник синхротронного излучения нового типа, очень высокой яркости, что позволит изучать процессы, происходящие в веществе, в очень короткие (фемтосекундные) временные промежутки. Использование этого лазера сулит революционные прорывы во многих областях науки, в первую очередь, в материаловедении, нанотехнологиях, биотехнологиях. Россия участвует в проекте XFEL во всех аспектах и на всех уровнях, кроме того, в этот проект вовлечено много российских ученых, живущих и работающих в Германии. Все это уникальные, очень сложные, дорогостоящие проекты, и реализация их немыслима без интеллектуального вклада российских ученых и, в значительной степени, материального вклада российской стороны.

Таким образом, следуя двум главным приоритетам своего научного развития, Курчатовский институт продолжает развивать и блок атомной энергетики, ядерные технологии, и одновременно готовить базу для энергетики будущего, создавая природоподобные системы ее генерации и потребления, на порядки более экономичные, действующие по законам живой природы.

За последние годы Курчатовский институт значительно изменился — построены новые корпуса, обновляется экспериментальная база, вновь в лаборатории идет поток молодых ученых, аспирантов. Нам за короткое время, действительно, удалось создать базу для принципиально новой “конвергентной” науки — инфраструктурную, идеологическую и кадровую. Мы по-прежнему являемся флагманом российской науки и с гордостью носим имя своего великого основателя. ■