



Сегодня наш собеседник — ученый секретарь Совета при Президенте РФ по науке, технологиям и образованию, директор РНЦ «Курчатовский институт», директор Института кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН, член Общественной палаты РФ Михаил Ковальчук.

От синтеза в науке — к конвергенции в образовании

Михаил Валентинович, однажды вы заявили, что XXI в. будет веком новых форм и методов познания. О каких формах и методах идет речь? От чего и к чему движемся?

— В XXI в. поменялась парадигма развития науки.

Человек всегда пытался понять, как устроен окружающий мир, — цивилизация развивалась благодаря

его любознательности, любопытству. В древности мир казался настолько огромным, неделимым и сложным, что его обожествили, восприняли как единое целое. Ученый, исследовавший мир, назывался натурфилософом. Ученики Платона и Сократа изучали не математику и физику, а единственную существовавшую в то время науку — натурфилософию.

А дальше по мере роста наших представлений, появления новых знаний и нового инструментария мы начали выделять из единой и неделимой природы сегменты, чтобы в ней легче было разобраться. Проще сказать, мы начали «шинковать» природу. Если ученый изучал трупы, он назывался анатомом, если исследовал бабочек — ботаником, если

писал формулы — математиком. Выделение наук из натурфилософии происходило постепенно. Ньютон был натурфилософом, но его главный труд, написанный в конце XVII в., назывался уже «Математические начала натурфилософии».

Сегодня существуют тысячи областей знания и специальностей. С одной стороны, благодаря узкой специализации мы построили уникальную цивилизацию — можем летать в космос, жить под водой, можем накормить, вылечить, можем уничтожить себя, т.е., двигаясь по пути узкой специализации, человечество построило современную цивилизацию. С другой стороны, мы пришли в глобальный тупик, утратили целостность восприятия окружающего нас мира. Сегодня существуют тысячи узких специальностей и специалистов, которые детально знают и понимают собственную предметную область и движутся каждый в своей парадигме, но если вы спросите ученого, изучающего, например, сверхтонкое расщепление атомных уровней, какое отношение это имеет к нашему месту во Вселенной, к развитию науки и цивилизации вообще, он вряд ли поймет ваш вопрос.

— Еще в советские времена была шутка, что если вуз подготовил инженера, специализирующегося по левой

резьбе, то он может вообще не знать, что такое правая резьба.

— Да, верно, и эта ситуация усугубляется. Количество факультетов в университетах увеличивается с каждым годом, дальнейшее дробление происходит и на уровне специальностей, на уровне кафедр. Профессор уже зачастую не очень понимает, чем занимается его коллега по кафедре. Глобальный тупик! При этом мы очень плохо знаем мир, в котором живем: нам открыто менее 5% информации, остальное — загадка. Мы живем в некоем иллюзорном пространстве, которое сами для себя создали и неплохо «упаковали».

Сейчас цивилизация находится на рубеже. Весь наш процесс познания представлял собой путь анализа: мы углубляли и продолжаем углублять свои знания о мире, подстраивая под них науку, технологии, а затем и промышленность. Люди начинали с того, что определяли, сколько весит предмет, в начале прошлого века увидели, что он состоит из электронов и атомов — кирпичиков мироздания, а дальше ушли в мир ядерной физики, физики ускорителей, физики элементарных частиц.

В середине прошлого века начала формироваться принципиально новая линия — линия синтеза. Мы начали манипулировать атомами, осознанно создавая из них искусственные материалы — полупроводниковые, лазерные. Нанотехнологии завершают линию синтеза, превращая ее в технологический уклад. Мы достигли той стадии, когда дальнейшее развитие науки, образования, промышленности возможно только на междисциплинарной основе, конвергенции, взаимопроникновении наук и технологий, ведь сама природа конвергентна по своей сути.

— Означает ли это, что узкие специалисты больше не нужны?

— Нет, они по-прежнему нужны, они будут и дальше двигаться по пути анализа, но помимо них нужны люди, которые будут осуществлять синтез. Сегодня есть два надотраслевых приоритета, два интегратора — информатика и нанотехнологии.

До сих пор с помощью новой технологии всегда создавался новый материал, каждая вновь появившаяся технология приводила к появлению еще одной специальности. Теперь же впервые появились технологии-интеграторы. Информатика изменяет информационное пространство,

а нанотехнологии изменяют материалы. На место деления и селекции приходит интеграция. Мы возвращаемся к натурфилософии, но на другом уровне — уровне знания. Нанотехнолог, создающий материал из атомов, — кто он? Физик, химик, геолог? Давайте назовем его натурфилософом, но, в отличие от Ньютона, понимающим, что такое атомная структура.

— Как все это влияет, точнее, должно повлиять на систему организации науки и образования?

— Нужны принципиальные изменения в системе организации и финансирования науки. Сегодняшняя система и в нашей стране, и во всем мире не приспособлена к проведению междисциплинарных исследований. Возьмем для примера структуру РАН или МГУ, где каждой наукой занимается специальное отделение, секция, факультет, кафедра.

Очевидно, изменения нужны и в системе образования. При этом надо понимать, что система образования — самая консервативная сфера.

До сих пор с помощью новой технологии всегда создавался новый материал, каждая вновь появившаяся технология приводила к появлению еще одной специальности. Теперь же впервые появились технологии-интеграторы. Информатика изменяет информационное пространство, а нанотехнологии изменяют материалы. На место деления и селекции приходит интеграция. Мы возвращаемся к натурфилософии, но на другом уровне — уровне знания.

— Консервативнее, чем наука?

— Конечно. В науке, точнее, в ее организации, многое можно изменить административно, потому что изменения коснутся ограниченного числа людей (хотя и это крайне сложные процессы). А в образовании задействовано почти все общество — даже если вы не учитесь сами, то вы участвуете в образовании своих детей и внуков. Образование — на порядок более сложная, громоздкая и всеобъемлющая система, чем наука. Сегодня ее надо менять. Если этого не сделать, мы быстро окажемся на задворках цивилизации.

При этом, как и в науке, узкая специализация в образовании должна сохраниться, но глобально мы должны перейти к принципам междисциплинарности, конвергенции наук.

— Факультеты, где готовят специалистов в области нанотехнологий, уже появились в некоторых вузах, например, в национальных исследовательских университетах МИФИ, МИСиС.

— Эти новшества пока не носят глобального характера. В МИФИ изучаются нанотехнологические подходы в атомной энергетике, в МИСиСе — в материаловедении. Но это не касается общей методологии. И образование, и наука, и промышленность продолжают существовать в рамках старого уклада, в прежней логике развития, улучшая имеющиеся технологии, создавая новые рынки, новые продукты, но не обеспечивая прорыва.

Мы же предлагаем организовать подготовку междисциплинарно образованных

зуются центрифуги — физические приборы и т.д.

При этом неоспорима важность всех других специальностей. Например, вы поставили перед собой абсолютно междисциплинарную задачу — решили создать искусственный глаз. Нам понадобится минимум 10–15 человек, представителей разных специальностей: биологов, физиков, электронщиков, физиологов и т.д. Перед ними поставлена общая цель, и только работая вместе, применяя такой междисциплинарный, конвергентный подход, они смогут получить результат. Если среди них не окажется представителя хотя бы одной необходимой для получения результата специальности, ничего в итоге не выйдет. И конечно, нужен человек, который организует всю эту операцию, обеспечит конвергенцию.

— В чем заключается специфика, каковы сложности подготовки таких «конвергентных» специалистов? Какими качествами они должны обладать?

— Специфика прежде всего в том, что подготовка требует широкой эрудиции, высокой концентрации интеллекта.

Когда эра металлов в промышленности сменилась эрой полупроводников, люди, которые варили чугун, работали в металлургической промышленности, не могли «автоматически» стать сотрудниками завода, выпускающего полупроводники. Вклад в ВВП произведенной тонны интегральных схем на порядки больше, чем тонны чугуна. В структуре цены чугуна НИОКР составляет не более 10%, а интегральной схемы — не менее 25–30%.

В конечном изделии НБИК, продукте будущего — антропоморфной гибридной системе, — доля НИОКР доходит до 80%. Это преимущественно интеллектуальный вклад и минимум материала и энергозатрат. Происходит значительная дематериализация, дересурсизация и колоссальная интеллектуализация производства. Людей, которые могут и должны заниматься конвергенцией, раньше никто специально не готовил. Но они появлялись; например, на мой взгляд, таким «конвергентным» ученым, первым нанотехнологом, был Игорь Курчатов. Широко образованный физик, он понял и смог решить сложнейшие проблемы атомной энергетики, охватывая самые разные отрасли — химию, геологию, информатику и т.д. В космической сфере таким «кон-

Любой человек, который добивался успеха в советской науке, был и выдающимся ученым, и выдающимся организатором одновременно. Нужно ведь не просто делать открытия, но и продвигать их, бороться, доводить дело до конца. Сегодня, с учетом изменения парадигмы развития науки, нужна армия таких людей — тысяча или десять тысяч. А это значит, что их надо специально готовить, выбирать наиболее одаренных.

специалистов, если хотите, элиты научного сообщества. Для этого в 2005 г. РНЦ «Курчатовский институт» открыл совместную кафедру физики наносистем на физическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова, в мае 2009 г. — первый в мире факультет конвергентных нано-, био-, информационных и когнитивных технологий (ФНБИК) в МФТИ.

— Получается, в обоих случаях в основе образовательной программы лежит физика?

— Да, потому что физика с математикой — основа естественных наук. Любая область знания становится серьезной наукой благодаря использованию физических методов и математического аппарата. Это касается и гуманитарных наук, например истории: так, новые методы в археологии связаны с радиоизотопным анализом и другими естественнонаучными методами. Молекулярная биология возникла благодаря рентгеновскому излучению, которое позволило понять трехмерное устройство молекулы белка, а для выделения и очистки белка исполь-

вергентным» ученым был Сергей Королев. В коллективах ученых, которые они возглавляли, каждый специалист отвечал за свою часть, но результаты были получены только благодаря конвергенции.

— **И тому, что сегодня называют менеджментом? Есть ведь даже отдельная область — менеджмент науки.**

— Это не просто менеджмент, а интеллектуальный менеджмент. Любой человек, который добивался успеха в советской науке, был и выдающимся ученым, и выдающимся организатором одновременно. Нужно ведь не просто делать открытия, но и продвигать их, бороться, доводить дело до конца. Для создания атомной науки нужно было находить деньги, собирать людей, открывать институты, а главное, Курчатов смог убедить власть в важности этого дела и потом успешно его организовать, довести процесс от идеи до результата.

— **Но ведь и Курчатов и Королев — это единичные случаи, и вряд ли стоит утверждать, что в их становлении ключевую роль сыграло именно полученное образование...**

— Нет, конечно, никто специально их этому не учил, а результат был достигнут быстро и эффективно, потому что это были выдающиеся люди, личности. Сегодня, с учетом изменения парадигмы развития науки, нужна армия таких людей — тысяча или десять тысяч. А это значит, что их надо специально готовить, выбирать наиболее одаренных. Для этого доля узкоспециализированного образования должна сокращаться, а доля интегрированного, конвергентного образования — увеличиваться.

— **Как университет должен готовить таких людей? Конкретнее — как можно построить их образовательную траекторию?**

— Сейчас, например, физический факультет набирает на I курс, скажем, 400 студентов, и первые 2—3 года они учатся по единой программе. Потом начинается специализация, которая углубляется каждый семестр.

А мы хотим изменить логику — создать образовательную программу, которая не специализирует, а интегрирует. После того как студенты получили основы знаний по своей специальности — физике, химии или биологии, их нужно собрать и учить вместе. Читать курс физики, ори-

ентированной не на физика, биологии — не на биолога и т.д. В результате они будут широко образованными людьми, при этом оставаясь физиками, химиками, биологами. При этом, конечно, есть риск, что каждый специалист будет «тянуть одеяло» на себя, доказывать важность именно своей науки.

— **А как же действующие образовательные стандарты? Ведь есть ограниченный перечень направлений подготовки.**

— Это формальности, их можно преодолевать, если нас интересует конечный результат. Пусть выпускник получит диплом физика или химика, но образование у него будет принципиально другим. Неважно, кем назывался Курчатов, главное было в другом: то, что он знал и умел, далеко выходило за курс университетской физики.

Проект Министерства образования и науки по вводу новых образовательных стандартов направлен именно на то, чтобы изменить устаревшую, не работающую сегодня модель академического образования, изменить подход к нему, начать интеграцию.

Конечно, все эти скрижали — стандарты по направлениям, специальности — дело нужное, но в то же время они как шоры, как рельсы для поезда или дуги для троллейбуса: захотите свернуть в сторону, а не сможете. Более того, люди сопротивляются новшествам, ведь любой человек по определению против перемен, потому что они приводят к изменению уклада жизни, перераспределению всего, в том числе ресурсов.

Но если мы договариваемся о том, что нужна новая специальность — интегральная, изменения можно провести. Нужен прорыв — но путем эволюционных изменений. Бережно сохраняя науку и образование, нужно вычленять их небольшую часть, ориентированную на будущее, готовить людей, которые будут видеть цель, направлять и координировать деятельность узких специалистов, заставлять их двигаться в нужном направлении.

— **Что для этого может сделать средняя школа?**

— Школа — это главное место, где изначально заложены междисциплинарный подход и конвергенция. Ребенок, входящий в школу, — это *tabula rasa*, он мен-

тально не имеет специализации и воспринимает мир целиком. В начальной школе нет физики и химии, но есть предмет «окружающий мир», т.е. природоведение — та же натурфилософия.

С I класса нужно показывать, что окружающий мир, природа едины, а потом объяснять, зачем мы его искусственно делим на части, не утрачивая при этом представления о его неделимости. Например, мы изучаем птицу как единое целое, но ее скелет изучает зоология, зрение — физика, полет — механика и т.д. Создавая новые школьные стандарты, нужно зафиксировать и усилить исходно существующую в общем образовании конвергентность.

Люди сопротивляются новшествам, ведь любой человек по определению против перемен, потому что они приводят к изменению уклада жизни, перераспределению всего, в том числе ресурсов.

— Такой подход уже есть в новых стандартах: сформулированы не только предметные, но и метапредметные результаты освоения основной образовательной программы.

— Особенно важна начальная школа, где, в отличие от университетов, научных институтов и следующих ступеней школьного образования, нет жесткого предметного разделения. Один учитель в начальных классах ведет все предметы. Нужно проводить работу с учителями — на курсах повышения квалификации, чтобы они осознавали важность конвергентного подхода и свою роль исходя из задач, которые стоят перед современным образованием и наукой. В Москве по договоренности с Департаментом образования мы собираемся организовать такие курсы на базе недавно созданного Центра непрерывного естественнонаучного образования.

А в средней и старшей школе, конечно, не обойтись без того, чтобы каждый учитель вел свой предмет. Но ведь предметов с каждым годом становится больше — модель сегодняшнего университета, где с каждым годом увеличивается число факультетов, приходит и в школу, я вижу это по своим внукам. Школа продолжает работать в прежней парадигме, не понимая, что изменился мир, что ушла в небытие прежняя логика формирования

школьной программы. Старая академическая модель советской школы не позволяет ребенку удержаться в сегодняшнем информационном шквале.

— Почему же? Дети учатся, учителя учат...

— Многие дети на старшей ступени уходят из школы в экстернат. Из детей моих знакомых в последнее время, пожалуй, ни один не оканчивал традиционную школу — все учились экстерном. Они выбрали для себя тот путь, к которому стремились. И это естественный процесс, нельзя от него отмахнуться.

Ни один нормальный человек не может изучить такое количество предметов. Проблема еще и в том, что образование в экстернате, у репетиторов сегодня получают только те, у кого есть возможности, деньги. Проект Министерства образования и науки по вводу новых образовательных стандартов направлен именно на то, чтобы изменить устаревшую, не работающую сегодня модель академического образования, изменить подход к нему, начать интеграцию. Этот проект несовершенен, вызывает много нареканий, но в нем заложена правильная идеология, и я уверен: он будет доработан и запустит механизмы перемен в нашем школьном образовании, без этого нам не обойтись. В высшем образовании необходим аналогичный подход: нам не нужно учить всех одинаково, но в отличие от общего образования, которое обязательно, не нужно тратить одинаковое количество денег на образование каждого студента. В чем простой смысл перехода на бакалавриат и магистратуру? Раньше мы всех учили в вузе 5–6 лет, но сегодня, например, химику-технологу, который работает на заводе контролером процессов, достаточно бакалавриата. Если он хочет двигаться дальше, становиться исследователем, открывать свою компанию, то учится еще два года в магистратуре. Это очевидная вещь — весь мир давно идет по этому пути. При этом уже к окончанию школы в большинстве люди понимают, на что они претендуют, по какому пути хотят идти. Новые стандарты для старшей школы дают возможность сделать такой выбор.

— А как же быть в основной школе? Ведь там нет возможности для выбора индивидуальной траектории, образование едино для всех.

— Это сложный вопрос. Изучение разных наук необходимо, чтобы ребенок сделал выбор, будет ли он, например, физиком или биологом. Но методические принципы подачи материала должны быть пересмотрены — науки нельзя изучать обособленно, т.е. математик должен помнить о существовании физики, химик — биологии и пр. Этот подход должен доминировать и на уроках, и в учебниках.

— В учебниках, кстати, он уже начинает появляться. В федеральных перечнях сегодня есть не только отдельные учебники или завершённые предметные линии, но и наборы учебников по всем предметам, написанные единым авторским коллективом.

— Это значит, что важность такого подхода хорошо понимают и в Минобрнауки.

— Скажите, а каким должен быть конечный результат конвергенции в образовании и науке? Что получит человечество? Как изменится наша жизнь?

— До сегодняшнего дня мы изучали природу и человека, а затем с помощью нехитрых технических систем моделировали возможности человека и природы. Например, аудио и видео — это аналог наших органов чувств, с той разницей, что в элементарной ячейке сложнейшего белка, из которого состоит глаз, содержится сотни тысяч атомов, а в элементарной ячейке кристалла, из которого сделан любой оптический прибор, — лишь восемь атомов.

Благодаря успехам фундаментальных наук сегодня мы можем, соединяя техно-

логии микроэлектроники с нашими знаниями о живой природе, создавать принципиально новые гибридные материалы и системы, т.е. перейти от технического моделирования природы и человека к воспроизведению природоподобных систем. Это та самая бионика, о которой 60 лет назад мечтал Норберт Винер. Если говорить упрощенно, возможности человеческого глаза сегодня используются в телескопе, микроскопе, фотоаппарате, телевизоре, инфракрасных датчиках и т.д., но там приемная часть детектора — материал с несколькими атомами в элементарной ячейке. Если его заменить гибридным материалом с биоорганической детектирующей частью, которая взята из природы, соединить технологии микроэлектроники с биоорганическим материалом, а затем, используя данные когнитивных наук, одушевить созданное, мы получим природоподобную биоробототехническую систему.

— «Приключения Электроника»?

— Да, но на новом, очень интересном уровне, и не только для тех, кто будет все это придумывать и производить. Все люди должны быть готовы к тому, что мы стоим на пороге новой технологической революции. Перед нами лежит коробка пазлов, из которых нужно создать картину. Пазлы «нарезаны» из целостной картины природы, но как их собрать заново, пока не знает никто. Есть только абрис, а рисунка нет. Новый процесс познания мира выглядит именно так.

Беседовал Борис Старцев