

От синтеза в науке — к конвергенции в образовании. Интервью М. В. Ковальчука

Обсуждается концепция междисциплинарного подхода к системе организации науки и образования. В качестве примера рассмотрена программа обучения конвергентным нано-, био-, информационным и когнитивным технологиям.

Ключевые слова: специализация в науке и образовании, междисциплинарность, конвергенция наук и технологий, нанотехнологии, биотехнологии, когнитивные науки.

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

— *Михаил Валентинович, однажды Вы заявили, что XXI век будет веком новых форм и методов познания. О каких формах и методах идёт речь? От чего и к чему движемся?*

— В XXI веке 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. Учёный, 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, появлений новых знаний и нового инструментария, мы начали выделять из единой и неделимой природы сегменты, чтобы легче в ней разобраться. Проще сказать, мы начали «шинковать» природу. Если учёный изучал трупы, то 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 века, 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. То есть, двигаясь по пути узкой специализации, человечество построило современную цивилизацию, но, 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 учёного, изучающего, например, сверхтонкое расщепление атомных уровней, какое отношение это имеет к нашему месту во Вселенной, к развитию науки и цивилизации вообще, он вряд ли поймёт ваш вопрос.

— *Ещё 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 живём, — нам открыто менее 5% информации, остальное — загадка. Мы живём 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, 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 ато-

мами, осознанно создавая из них искусственные материалы — полупроводниковые, лазерные. Нанотехнологии завершают линию синтеза, превращая её 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 ещё 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 назовём 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. Возьмём 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.

— *Консервативнее, чем наука?*

— Конечно. В науке, точнее, в её 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 её 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 глобальный характер. В МИФИ изучаются нанотехнологические подходы в атомной энергетике, в МИСИС — 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 специалистов, если хотите, элиты научного сообщества. Для этого в 2005 году РНЦ «Курчатовский институт» открыл совместную кафедру физики наносистем на физическом факультете МГУ, в мае 2009 года — первый в мире факультет 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 серьёзной наукой благодаря использованию физических методов и математического аппарата. Это касается и гуманитарных наук, например, истории — новые методы в археологии связаны, например, с радиоизотопным анализом и другими естествен-

нонаучными методами. Молекулярная биология возникла благодаря рентгеновскому излучению, которое позволило понять трёхмерное устройство молекулы белка, а для выделения и очистки белка используются 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 — только работая вместе, на таком междисциплинарном, конвергентном подходе, 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 кооперацию, обеспечит конвергенцию.

— *В чем заключается специфика, каковы сложности подготовки таких «конвергентных» специалистов? И 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 полупроводникового завода. Вклад в ВВП произведённой 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, дериурсизация 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» учёным, 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 «конвергентным» учёным был Сергей Королев. В коллективах учёных, 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 учёным, 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 учётом изменения парадигмы развития науки, нужна армия таких людей — тысяча или десять тысяч. А это значит, что их надо специально готовить, выбирать наиболее одарённых. 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 первый курс, скажем, 400 студентов, и первые 2–3 года они учатся по единой программе. Потом начинается специали-

зация, 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 — физики, химии или биологии, их нужно собрать и учить вместе. Читать курс физики, ориентированной 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 то, что он знал и умел, далеко выходило за курс университетской физики.

Конечно, все эти скрижали — стандарты по направлениям, специальности — дело нужное, но в то же время они как шоры, как рельсы или дуги троллейбуса. Захотите свернуть в сторону, а не можете. 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 путём 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, заставляя их двигаться в нужном направлении.

— *Что для этого может сделать средняя школа?*

— Школа — это главное место, где изначально заложен междисциплинарный подход и конвергенция. Ребёнок, приходящий в школу, — это *tabula rasa*, он ментально не имеет специализации и воспринимает мир целиком. В начальной школе нет физики и химии, но есть предмет «окружающий мир», то есть природоведение — та же натурфилософия.

С первого 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 её скелет изучает зоология, зрение — физика, полет — механика и т. д. Создавая новые школьные стандарты, нужно зафиксировать и усилить исходно существующую в общем образовании конвергентность.

— *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 жёсткого предметного разделения. Один учитель в начальных классах ведёт все предметы. Нужно проводить работу с учителями — курсы повышения квалификации, чтобы они осознавали важность конвергентного подхода и свою роль, исходя из задач, которые стоят перед современным образованием и наукой. В Москве по договорённости 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 вёл 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 ребёнку 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 ещё 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 в том, что 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 контролёром процессов, достаточно бакалавриата. Если он хочет двигаться дальше, становиться исследователем, открывать свою компанию, то учится ещё два года в магистратуре. Это очевидная вещь — весь мир давно идёт 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 единое для всех.*

— Это сложный вопрос. Изучение разных наук необходимо, чтобы ребёнок сделал выбор, будет ли он, например, физиком или биологом. Но методические принципы подачи материала должны быть пересмотрены — науки нельзя изучать обособленно, то есть математик должен помнить о существовании физики, химик — биологии и т. д. 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, содержатся сотни тысяч атомов, а в элементарной ячейке кристалла, из которого сделан любой оптический прибор, — лишь 8 атомов.

Благодаря успехам фундаментальных наук сегодня мы можем, соединяя технологии микроэлектроники с нашими знаниями о живой природе, создавать принципиально новые гибридные материалы и системы, то есть перейти от технического моделирования природы и человека к воспроизведению природоподобных систем. Это та самая бионика, о которой 60 лет назад мечтал Норбер Винер. Если говорить упрощённо, возможности человеческого глаза сегодня используются в телескопе, микроскопе, фотоаппарате, телевизоре, инфракрасных датчиках и т. д., но там приёмная 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

Поступила в редакцию 22.09.2011