



О.Е. Баксанский
Институт философии РАН

МЕГАНАУКА: МЕТОДОЛОГИЯ КОНВЕРГЕНЦИИ

В статье рассматриваются риски и социально-экономические последствия конвергентных технологий. Ставится проблема кардинального изменения картины мира и методологии научного исследования, требующего подготовки специалистов принципиально нового класса, работающих на междисциплинарной основе, что предполагает формирование новой – конвергентной – парадигмы образования. Конвергентный этап развития науки рассматривается как окончание постнеклассического этапа развития научной рациональности и переход к новой научно-исследовательской программе. Показывается, что конвергентный проект науки по своей значимости, масштабам сравним с атомным или космическим, которые дали развитие современным новейшим высоким технологиям, благодаря которым Россия до сих пор по праву относится к передовым высокотехнологичным государствам.

Конвергентные технологии, конвергентная парадигма образования, междисциплинарный подход, меганаука, социально-экономические риски.

Процесс развития науки, если описать его в самых общих чертах, начинается с появления множества отдельных, не связанных между собой областей знания. Позже началось объединение областей знания в более крупные комплексы, а по мере их расширения снова проявила себя тенденция к специализации.

Сегодня же, благодаря ускорению научно-технического прогресса, мы наблюдаем пересечение во времени целого ряда волн научно-технической революции. В частности, можно выделить идущую с 80-х годов XX столетия революцию в области информационных и коммуникационных технологий, последовавшую за ней биотехнологическую революцию, недавно начавшуюся революцию в области нанотехнологий. Также нельзя обойти вниманием имеющий место в последнее десятилетие бурный прогресс развития когнитивной науки.

Особенно интересным и значимым представляется взаимовлияние именно информационных технологий, биотехнологий, нанотехнологий и когнитивной науки. Данное явление получило название NBICS-конвергенции (по первым буквам областей: N – нано; B – био; I – инфо; C – когно, S – социально-гуманитарные технологии).

Термин *NBIC-конвергенция* ввели в 2002 г. М. Рок и У. Бейнбриджем, авторами наиболее значительной в этом направлении на данный момент работы, отчета «Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information technology and Cognitive science», подготовленного 2002 г. в Всемирном центре оценки технологий (WTEC). Отчет посвящен раскрытию особенности

NBIC-конвергенции, ее значению в общем ходе развития мировой цивилизации, а также ее эволюционному и культуuroобразующему значению.

Однако спустя несколько лет стало очевидно, что первоначальные четыре базовые технологии невозможно рассматривать в отрыве от блока социально-гуманитарных дисциплин и было предложено расширить NBIC-конвергенции до NBICS-конвергенции, что открыло огромное поле деятельности для гуманитарного знания, но, к сожалению, отечественные академические исследователи (философы, психологи, социологи, экономисты) оказались не готовы ответить на вызовы времени. Далее мы постараемся очертить стратегические направления органического включения социально-гуманитарных технологий в общий конвергентный контекст.

Взаимодействие нано- и биотехнологий является двусторонним. Биологические системы дали ряд инструментов для строительства наноструктур. Например, созданы особые последовательности ДНК, которые заставляют синтезированную молекулу ДНК сворачиваться в двумерные и трехмерные структуры любой конфигурации. Подобные структуры могут быть использованы, например, в качестве «лесов» для строительства нанообъектов. Нанотехнологии приведут к возникновению и развитию новой отрасли – наномедицины – комплекса технологий, позволяющих управлять биологическими процессами на молекулярном уровне.

В целом же взаимосвязь нано- и биообластей науки и технологии носит фундаментальный характер. При рассмотрении живых (биологических) структур

на молекулярном уровне становится очевидной их химическая природа, и можно сказать, что на микроуровне различие между живым и неживым не очевидно. К примеру, АТФ-синтаза (комплекс ферментов, присутствующий практически во всех живых клетках) по принципам своего устройства и функциям представляет собой миниатюрный электромотор. Разрабатываемые же в настоящее время гибридные системы (микроробот со жгутиком бактерии в качестве двигателя) не отличаются принципиально от естественных (вирус) или искусственных систем. Подобное сходство строения и функций природных биологических и искусственных нанообъектов приводит к особенно явной конвергенции нанотехнологий и биотехнологий.

Нанотехнологии и когнитивная наука более далеко отстоят друг от друга, поскольку на данном этапе развития науки возможности для взаимодействия между ними ограничены, кроме того, эти области начали активно развиваться позже других. Но из просматриваемых сейчас перспектив прежде всего следует выделить использование наноинструментов для изучения мозга, а также – его компьютерного моделирования. Существующие внешние методы сканирования мозга не обеспечивают достаточной глубины и разрешения. Безусловно, существует огромный потенциал для улучшения их характеристик, но разрабатываемые во многих ведущих лабораториях роботы размером до 100 нм (нанороботы) представляются наиболее технически простым путем изучения деятельности отдельных нейронов и даже их внутриклеточных структур.

Взаимодействие между нанотехнологиями и информационными технологиями носит двусторонний синергетический и, что особенно интересно, рекурсивно взаимоусиливающийся характер. С одной стороны, информационные технологии используются для компьютерной симуляции наноустройств. С другой стороны, уже сегодня идет активное использование (пока еще достаточно простых) нанотехнологий для создания более мощных вычислительных и коммуникационных устройств.

Информационные технологии также используются для моделирования биологических систем. Возникла новая междисциплинарная область – вычислительная биология, включающая биоинформатику, системную биологию и др. К настоящему моменту создано множество самых разнообразных моделей, симулирующих системы от молекулярных взаимодействий до популяций.

В целом, можно говорить о том, что развивающийся на наших глазах феномен NBICS-конвергенции представляет собой радикально новый этап научно-технического прогресса. По своим возможным последствиям NBICS-конвергенция является важнейшим эволюционно-определяющим фактором и знаменует собой начало трансгуманистических преобразований, когда сама по себе эволюция человека, надо полагать, перейдет под его собственный разумный контроль.

Подводя итог изложенному, можно заключить, что отличительными особенностями NBICS-конвергенции являются интенсивное взаимодействие между указанными научными и технологическими областями; значительный синергетический эффект; широта охвата рассматриваемых и подверженных влиянию предметных областей – от атомарного уровня материи до разумных систем; выявление перспективы качественного роста технологических возможностей индивидуального и общественного развития человека.

В последнее десятилетие значительное внимание уделено изучению социальных следствий конвергенции науки и технологии (CKTS – *Convergence of knowledge and technology for the benefit of society* – конвергенция знаний, технологий и общества), которая представляется основой прогресса в XXI веке [1].

Конвергенция рассматривается как возрастающее и преобразующее взаимодействие между научными дисциплинами, технологиями, сообществами и сферами человеческой деятельности для достижения совместности и интеграции.

Конвергенция важна для информационного общества, и анализ социальных следствий конвергенции позволяет решать проблемы, которые не могут быть решены дисциплинарной наукой, а также создавать *новые* технологии и знания, ориентированные на следующие принципы:

- взаимозависимости в природе и обществе;
- повышения креативности и инноваций в рамках знаний и технологий посредством эволюционных процессов конвергенции/дивергенции;
- целостного системного дедуктивного подход;
- развитие междисциплинарных языков высокого уровня для создания новых решений и передачи новых знаний;
- мировоззренческие концепции современных фундаментальных исследований.

Конвергенция возрастает в течение последних нескольких десятилетий. На первом этапе усилия, направленные на исследования и разработку нанотехнологий, привлекли внимание к сближению многих ранее отдельных научных и технических дисциплин (биологии, химии, физики конденсированных сред, материаловедения, электротехники, медицины и др.) на основе возрастающего понимания атомных и наномасштабных структур.

NBIC-конвергенция была вторым этапом, объединяющим возникающие технологии на основе их общих составляющих, таких как атомы, гены (ДНК), биты, и нейроны, иерархически интегрированных во всех технологических сферах и масштабах.

CKTS является очередным этапом конвергенции; она расширяется на взаимосвязях и границах технологий, и, в конечном счете, вводит их в общечеловеческие, общепланетарные и общесоциальные основы. Она объединяет в соответствующих сферах человеческие, технические, социальные, природные ресурсы и возможности, чтобы попытаться ответить на вопросы и решить проблемы, которые узкодисциплинарными

возможностями решены быть не могут, а также создают и распространяют новые знания, технологии, промышленности, продукты и решения для улучшения благосостояния людей.

Экономисты признают СКТС в качестве современного двигателя прогресса, дающего новые принципиальные возможности для создания сети глобальной конвергенции для построения и объединения усилий различных регионов планеты.

Конвергенция в действительности является частью динамического процесса конвергенции/дивергенции, который происходит в различных областях человеческой деятельности.

Этап конвергенции заключается в анализе связей между разрозненными идеями и их интеграции. Этап дивергенции состоит из принятия этих новых конвергенций и их применения к концептуальному формированию новых систем, многомерных результатов в знаниях и технологиях.

Процесс конвергенции/дивергенции находит свое отражение в последовательной цепи идей от античности до современной эпохи, в эволюции знаний и технологий, а также в развитии различных организаций и отраслей экономики.

Существует несколько подходов, которые являются основой концепции СКТС:

(а) *принятие решений и трансформация знаний* на основе конвергенции/дивергенции процессов в области науки, технологий и приложений;

(б) *целостный систематический дедуктивный подход*, начиная с глобальной системы человеческой деятельности и учитывающий иерархические взаимосвязи между знаниями, технологиями и социальными системами;

(с) *создание языков высокого уровня* (многодисциплинарных, конвергентных), использующих интеграцию знаний, технологий и культур – таких как теории унификации, междисциплинарные нанотехнологии, информатика, фрактальные структуры;

(д) *сосредоточение усилий на поиске принципов решения фундаментальных исследований и социальных проблем*. Процессы конвергенции будут использоваться для определения идей и соответствующих им фундаментальных исследований в стратегических областях, изменяющих научные приоритеты.

Любая научно-техническая система развивается по определенным законам: знания накапливаются, потом они трансформируются в технологии, которые приводят к новым видам производства, и перед наукой возникают новые задачи. Радикальное изменение научной картины мира приводит к научным революциям.

Еще 300 лет назад в глазах ученых природа была едина и неделима, наука об окружающем мире называлась естествознанием, а ученый, который пытался этот мир изучать, – естествоиспытателем. Постепенно из этого непознанного целого, по мере развития средств изучения окружающего мира, человек начал вычленять сегменты, доступные для анализа. Таким образом формировались различные научные дисциплины:

математика, физика, химия, биология, геология и т.д. Следующим этапом стала еще более узкая специализация, и в результате на сегодняшний день существуют сотни различных узкоспециальных направлений в науке. Двигаясь по пути все более углубленного анализа окружающего мира, человечество создавало узкоспециализированные области в науке и образовании, определившие, в том числе, и отраслевой принцип развития экономики.

Важно отметить, что, продвигаясь по пути узкой специализации, человечество достигло значительных результатов. Все, что сегодня создано в области материальной жизни, человечество достигло благодаря этой узкоспециализированной системе науки и образования.

Но, с другой стороны, было потеряно видение целостной картины мира. Создание узкоспециальной системы науки определило отраслевой принцип построения экономики. На первом этапе развития все производство состояло из отраслевых технологий: деревообработка, добыча полезных ископаемых, металлургия и др. На следующем этапе появились более сложные «межотраслевые интегрированные» технологии: микроэлектроника, авиация, космонавтика, сложное машиностроение. Однако *отраслевой характер* экономики сохранился.

В последней четверти XX века на арену вышли информационные технологии, имеющие *надотраслевой характер*, так как они применяются абсолютно во всех отраслях науки и производства. Информационные технологии явились средством, объединившим все межотраслевые науки. А в конце XX века появились нанотехнологии, внутренняя логика развития которых призвана соединить существующую межотраслевую науку и технологии в единую картину естествознания, но уже на новом, атомном уровне.

В середине XX века, когда появилась возможность манипулировать атомами, молекулами, ученые начали конструировать из них новые вещества. Были созданы искусственные материалы, хорошо известные нам сегодня: полупроводниковые кристаллы кремния, германия, арсенида галлия и др., диэлектрические кристаллы, в частности лазерные, и даже такие материалы, которые обладают свойствами, не существующими у природных веществ. Таким образом, в середине прошлого столетия, наряду с основной линией развития науки – анализом, начала формироваться новая линия – синтез, когда человечество руками и разумом ученых начало синтезировать искусственные материалы.

Главная же проблема заключается в том, что ресурсы ограничены. Отсюда возникает новая задача: нужна выстроенная система *приоритетов*. Существует много важных задач, но сегодня, используя те ресурсы, которыми располагает человечество, можно решить лишь малую их часть. Поэтому необходимо из этого множества задач выбрать наиболее приоритетные и сконцентрировать на них усилия.

В целом основная тенденция развития сегодняшней науки связана с возвратом к единой, целостной

картине мира. Выделим важнейшие, с нашей точки зрения, черты современного этапа развития научной сферы:

- переход к наноразмеру (технологии атомно-молекулярного конструирования);
- междисциплинарность научных исследований;
- сближение органического (живой природы) и неорганического (металлы, полупроводники и т.д.) миров.

Характерная черта научного развития на данном этапе – это сближение органического мира, мира живой природы, с неорганическим, в чем достигнуты большие успехи в последние десятилетия. Как следствие – принципиально меняется подход к организации исследовательской работы – от узкоспециального необходимо перейти к междисциплинарному методу проведения научных исследований. Ученый, манипулирующий атомами, создающий из них новые вещества, не может назвать себя физиком, химиком или биологом.

Конвергентный проект науки по своей значимости, масштабам сравним с атомным или космическим, которые дали развитие сотням новейших высоких технологий, благодаря которым Россия до сих пор по праву относится к передовым высокотехнологичным государствам. Но при этом он значительно превосходит предыдущие по силе и глубине воздействия на экономику и общество.

Всестороннее развитие конвергентных технологий должно осуществляться только на принципиально новой междисциплинарной основе. Фактически мы являемся современниками новой научно-технологической революции. В течение ближайших 10–20 лет полностью изменится экономический уклад мира, на что указывает М. Кастельс.

Одно из главных условий нового научного уклада – наличие специалистов междисциплинарной направленности. Серьезный фактор, препятствующий развитию такого единого подхода, – действующая сегодня во всем мире система финансирования и организации науки. Она построена по узкоспециальному принципу и затрудняет организацию междисциплинарных исследований. Необходимо в корне изменить нынешнюю организацию науки, причем в мировом масштабе. Те страны, которые смогут быстро и эффективно перестроить систему научных исследований и образования, нацелить их на междисциплинарные исследования, обеспечат себе достойное место в глобальном мире. Перед человечеством сегодня стоит задача формирования и развития принципиально нового подхода, и речь идет в первую очередь о конвергентных NBICS-технологиях.

Сама логика развития науки привела образование от узкой специализации к междисциплинарности, затем наддисциплинарности, а теперь фактически к необходимости объединения наук. Но не к простому геометрическому сложению результатов, а к их синергетическому эффекту, взаимопроникновению.

Все эти чрезвычайно сложные технологии требуют специалистов принципиально нового класса, под-

готовленных уже на междисциплинарной основе. При этом таких междисциплинарно образованных специалистов не должно быть много, на сегодняшний день это, можно сказать, *элита* научного сообщества, что предполагает формирование новой – конвергентной – парадигмы образования.

К характеристикам конвергентного единства может быть отнесено также доминирование междисциплинарных исследований, которые берут на себя интегративные функции по отношению к отдельным наукам (примерами могут служить теория систем, теория управления и т.д.). Кроме того, растет многообразие интегративных процессов; иначе говоря, происходит их дифференциация, т.е. интеграция дифференцируется. Сама дифференциация при этом становится все в большей мере моментом интеграции, приобретает все более явно выраженную интегративную направленность, выступает как закономерный, функциональный момент процесса самоорганизации и самоструктурирования науки. В результате интеграция как движение к целостности направлена не противоположно дифференциации, а включает ее в себя как часть, как один из необходимых аспектов общего процесса развития системы.

Для того чтобы разумно, безопасно и эффективно пользоваться всеми этими достижениями, привести современную техносферу в гармонию с природой, создать ноосферу, необходимо учитывать и использовать закономерности трансформации сознания, психики человека. Человек как субъект практического и познавательного отношения к миру рано или поздно сам становится объектом научно-технологического воздействия. Это может быть осуществлено путем соединения возможностей NBIC-технологий с достижениями социально-гуманитарных наук и технологий. На этом пути пространство конвергентных технологий приобретает еще одно измерение – социально-гуманитарное, а конвергентное единство нано-, био-, инфокогнитивных технологий дополняется социально-гуманитарными технологиями, становясь уже NBICS-технологиями. Это делает их практическим инструментом формирования качественно новой техносферы, которая станет органичной частью природы.

Резюмируя изложенное, можно отметить, что в естествознании XXI в. складывается новая научная картина мира, в рамках которой аналитический подход к познанию структуры материи сменился синтетическим, доминируют междисциплинарные исследования, растет их многообразие; они берут на себя интегративные функции по отношению к отдельным наукам; сближаются науки об органической и неорганической природе, интеграция наук приобретает трансдисциплинарный характер; дифференциация из особого направления эволюции науки становится моментом доминирующего в ней интеграционного процесса; процессы дифференциации и интеграции сливаются в единый синтез; усиливается взаимодействие между внешними внутренним единством науки, они часто они становятся неразличимыми. Такая парадигма научного знания может быть названа *конвер-*

гентной [1; 11], а сам конвергентный этап развития науки знаменует собой окончание постнеклассического этапа развития научной рациональности [13] и переход к новой научно-исследовательской программе.

Литература

1. Roco, M. Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science [Электронный ресурс] / M. Roco, W. Bainbridge (eds). – Режим доступа: <http://www.transhumanism-russia.ru/content/view/498/116/ednref1>
2. Баксанский, О.Е. Когнитивные репрезентации: обыденные, социальные, научные / О.Е. Баксанский. – Москва: URSS, 2009. – 220 с.
3. Баксанский, О.Е. Физика и математика: анализ основания взаимоотношения. Методология современного естествознания / О.Е. Баксанский. – Москва: Либроком, 2009. – 188 с.
4. Баксанский, О.Е. Естествознание: современные когнитивные концепции / О.Е. Баксанский, Е.Н. Гнатик, Е.Н. Кучер. – Москва: URSS, 2010. – 224 с.
5. Баксанский, О.Е. Нанотехнологии. Биомедицина. Философия образования. В зеркале междисциплинарного контекста: учебное пособие / О.Е. Баксанский, Е.Н. Гнатик,

Е.Н. Кучер; Российская акад. наук, Ин-т философии РАН. – Москва: ЛИБРОКОМ, 2010. – 222 с.

6. Баксанский, О.Е. Когнитивно-синергетическая парадигма НЛП: от познания к действию / О.Е. Баксанский, Е.Н. Кучер. – Москва: Издательство ЛКИ, 2005. – 182 с.

7. Баксанский, О.Е. Когнитивный образ мира: пролегомены к философии образования / О.Е. Баксанский, Е.Н. Кучер. – Москва: Канон+, 2010. – 228 с.

8. Кастельс, М. Галактика Интернет: Размышления об Интернете, бизнесе и обществе / М. Кастельс. – Екатеринбург: У-Фактория, 2004.

9. Кастельс, М. Информационная эпоха: экономика, общество, культура / М. Кастельс. – Москва: ГУ ВШЭ, 2000.

10. Кобаяси, Н. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси. – Москва, 2005.

11. Ковальчук, М.В. Идеология нанотехнологий / М.В. Ковальчук. – Москва, 2010.

12. Огурцов, А.П. Образы образования. Западная философия образования. XX век / А.П. Огурцов, В.В. Платонов. – Санкт-Петербург, 2004.

13. Уэбстер, Ф. Теория информационного общества / Ф. Уэбстер. – Москва: Аспект Пресс, 2004.

14. Хартманн, У. Очарование нанотехнологии / У. Хартманн. – Москва, 2008.

Рецензент – Н.А. Ястреб, кандидат философских наук, доцент, зав. кафедрой философии ВоГУ.

О.Е. Baksanskii

MEGASCIENCE: METHODOLOGY OF CONVERGENCE

The convergent technologies (nano-, bio-, info-, cognitive, social and humanitarian technologies) and the risks and socio-economic consequences are considered. The cardinal change of the world-view and methodology of scientific research demands that the experts of a fundamentally new class, who are trained to work on an interdisciplinary basis, assume the formation of new (convergent) educational paradigms. The convergent stage of the development of science marks the termination of the 'post-non-classical' stage of the development of scientific rationality and the transition to a new research programme. The significance of the convergent project of science is comparable with nuclear or space ones, which have facilitated the modern development of technologies and contributed to Russia's on-going right to be placed amongst leading high-technology states.

Convergent technologies, convergent paradigm of education, interdisciplinary approach, megascience, socio-economic risks.