

УДК 37.013.73

О.Е. Баксанский,

д.ф.н., ведущий научный сотрудник Института философии РАН, профессор кафедры теории и технологии обучения в высшей школе Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

O.E. Baksansky,

Doctor of philosophy, leading researcher of the Institute of philosophy (RAS), prof. of the chair of theory and technology of learning in higher school of the I.M. Sechenov First MSMU

КОНВЕРГЕНЦИЯ КАК ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЙ ПРИНЦИП НАУКИ И ФИЛОСОФИИ ОБРАЗОВАНИЯ XXI ВЕКА

CONVERGENCE AS A FUNDAMENTAL PRINCIPLE OF SCIENCE AND PHILOSOPHY OF EDUCATION IN THE XXI CENTURY

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

Олег Евгеньевич Баксанский, профессор кафедры теории и технологии обучения в высшей школе
Адрес: 119991, г. Москва, ул. Б. Пироговская, д. 2, стр. 10

Телефон: 8 (499) 248–06–29

E-mail: obucks@mail.ru

Статья поступила в редакцию: 17.11.2014

Статья принята к печати: 24.11.2014

CONTACT INFORMATION:

Oleg Evgenievich Baksansky, prof. of the chair of theory and technology of learning in higher school

Address: 2/10 B. Pirogovskaya str., Moscow, 119991

Tel.: 8 (499) 248–06–29

E-mail: obucks@mail.ru

The article received: 17.11.2014

The article approved for publication: 24.11.2014

Аннотация. Данная статья посвящена современным теоретическим и практическим вопросам науки и философии образования. Развитие интегративных многоуровневых процессов позволяет говорить о новом типе интеграции в системе современной науки. Яркой иллюстрацией конвергентных процессов является новейшее направление развития науки, связанное с нано-, био-, инфо-, когнитивными (NBICS) науками и технологиями.

Annotation. This article deals with the current theoretical and practical aspects of science and philosophy of education. The development of multi-level integrative processes suggests a new type of integration in the system of modern science. The newest areas of science development associated with the nano-, bio-, info-, cognitive (NBICS) science and technology give an example of convergent processes.

Ключевые слова. Конвергенция, интегрированные системы образования, междисциплинарные исследования.

Keywords. Convergence, integrated system of education, interdisciplinary studies.

Социальные последствия конвергенции науки и технологии (СКТС) является основной прогресса в XXI в.

Анализ социальных последствий конвергенции позволяет решать проблемы, которые не могут быть решены узкоспециальными методами, а также создавать на этой основе *новые* навыки, технологии и знания.

Основные конвергентные принципы можно сформулировать следующим образом:

— взаимозависимости в природе и обществе в их применении к основам социальной деятельности;

— повышение креативности и инноваций в рамках знаний и технологий посредством процессов конвергенции—дивергенции;

— системный дедуктивный подход, применяемый в анализе решений;

— значение междисциплинарности высокого уровня для создания новых решений и новых знаний;

мировоззренческие концепции фундаментальных исследований.

Основываясь на этих принципах, предлагаются решения ключевых социальных проблем, включая:

а) ускорение прогресса возникающих технологий и создание новых предприятий и рабочих мест в зонах их взаимодействий в экономических, общечеловеческих, планетарных и общесоциальных основах;

б) повышение творческих способностей, инноваций и экономической производительности посредством конвергенции знаний и технологий, включая разработку универсальных способов обмена информацией и взаимодействия;

с) улучшение здоровья и человеческого потенциала, включая индивидуализированное и комплексное здравоохранение и образование, обеспечение устойчивого качества жизни.

Также предлагается разработка оснований для принятия решений с целью реализации наиболее эффективных методов конвергенции и нахождения интегрированных решений социальных проблем.

Конвергенция знаний, науки и технологий (CKTS¹) выгодна человечеству по целому ряду причин. В некотором смысле, конвергенция может рассматриваться как единая стратегическая задача, которая при успешном решении может открыть пути решения многих крупных социально-экономических задач, стоящих перед обществом. Конвергенция обеспечивает получение ценных результатов и интегрированный подход во многих человеческих предприятиях, таких как:

- улучшение здоровья человека;
- повышение производительности труда и стимулирование экономического развития;
- достижение социальной стабильности;
- расширение человеческих знаний и возможностей для образования.

Развитие человеческого потенциала является одной из основных задач развития общества.

Целостный подход в здравоохранении является основной поддержкой физического здоровья человека. Люди не могут полностью реализовать свой потенциал, если у них присутствуют проблемы с физическим или психическим здоровьем или они страдают от хронических заболеваний. Конвергентные технологии обладают потенциалом, позволяющим развивать восстановительную медицину, стимулировать иммунную систему человека, поддерживать его физические силы и увеличивать продолжительность жизни.

Эти технологии также могут улучшать качество жизни человека на всех ее этапах, основываясь на информации об индивидуальных потребностях в питании и физических нагрузках. Этому могут существенно помочь знания о том, что было названо «*когномом*» (англ. «*cognome*»), или когнитивным эквивалентом генома, содержащим принципы контроля психических функций как отдельной личности, так и сообщества, к которой принадлежит человек.

Здоровье особенно важно для развивающегося организма ребенка. Давно известно, что профилактика заболеваний так же важна, как их лечение, но обеспечение здорового образа жизни нередко труд-

нодостижимо как для отдельных лиц, так и для обществ. Вполне возможно, что целостный подход к здоровью и развитию человека может внести существенный вклад в решение этой проблемы, если он будет основан на технологиях, обеспечивающих физическое и умственное здоровье.

Высококачественное и доступное здравоохранение в будущем потребует тесного взаимодействия между врачами, их пациентами, учеными и инженерами. Медицина должна перейти от пассивной модели ситуационного лечения к активной конвергентной модели, от практики реагирования к практике упреждения, от ожидания кризиса к принятию профилактических мер. Необходимо также добиваться снижения стоимости медицинского лечения.

Конвергенция на основе биомедицины представляется ближайшей социальной целью. Важнейшие задачи в области здравоохранения могут быть решены в ближайшем десятилетии:

- усовершенствование методов ранней диагностики рака и хронических заболеваний, выработка оптимальных методов лечения для каждого конкретного пациента с одновременным снижением числа побочных эффектов;
- оптимизация сбора, анализа и обмена данными позволит отслеживать как состояние здоровья людей, так и множество параметров окружающей среды, что приведет к улучшению состояния здравоохранения и позволит обеспечить профилактику болезней;
- развитие восстановительных процедур, включая регенерацию тканей и методы протезирования;
- изучение иммунной системы человека, включая быстрый и эффективный анализ биомаркеров пациентов, позволит использовать иммунную систему в качестве индикатора здоровья человека и стимулировать способности организма к восстановлению;
- сокращение времени, необходимого для диагностики и лечения инфекционных заболеваний, коррекция реакции на угрозу эпидемий;
- появление новых видов лекарств и вакцин для индивидуального применения;
- поиск методов лечения пока еще неизлечимых болезней.

Решение поставленных задач с неизбежностью потребует кардинального пересмотра методологии и принципов организации образовательной деятельности. Все эти чрезвычайно сложные технологии требуют специалистов принципиально нового класса, подготовленных уже на междисциплинарной основе. При этом таких междисциплинарно образованных специалистов не должно быть много, на сегодняшний день это, можно сказать, элита научного сообщества.

Можно сказать, что развивающийся на наших глазах феномен NBICS-конвергенции представляет

¹ Convergence of knowledge and technology for the benefit of society — конвергенция знаний, технологий и общества.

собой радикально новый этап научно-технического прогресса, знаменует начало трансгуманистических преобразований, когда сама по себе эволюция человека перейдет под его собственный разумный контроль.

Для поддержки систематической конвергенции в сфере образования предполагается реализовывать интегрированные системы образования. Смена технологий требует серьезной реконструкции систем образования от школы до систем повышения квалификации на рабочем месте, а также возможностей получать образование в течение всей человеческой жизни. Это необходимо для *разработки гибких средств адаптации к изменениям, обусловленным конвергенцией, создания опережающих время образовательных программ, и превращения образования в двигатель творчества и инноваций*. Образование может включать в себя комплекс различных дисциплин, созданный на основе нового понимания когнитивных процессов.

Использование новых цифровых средств, полученных на базе нанотехнологий, позволит создать более эффективные, интерактивные подходы к персонализированному образованию. Уже сегодня информационные технологии способны предоставить новые усовершенствованные возможности взаимодействия — такие как 3D-видео/отображения текста, звуковые средства обучения (в т. ч. интерактивные диалоги и другие голосовые функции), создание виртуальных реальностей или усиление органов чувств и множество других средств, предназначенных для персонализации учебного процесса и развитие интереса обучаемых.

Успешное развитие *личностно-ориентированного подхода к образованию* потребует более четкого осознания каждым человеком своего уровня знаний и компетентности, обеспечения возможностей проведения оценки уровня компетентности и успешности обучения.

Следует обратить внимание на принципиальное изменение базовых принципов обучения в вузах, где на первых курсах оно будет начинаться с изучения обобщенных природных концепций, фундаментальных инструментов NBICS² и основ конвергенции, а не с введений в основы частных дисциплин.

Как уже было отмечено, CKTS является естественным продолжением предшествующих объединяющих принципов в области науки и технологии, в частности, волны интеграции NBICS-областей, которая началась с развитием нанотехнологий, биотехнологий, информационных технологий и быстро распространилась на другие технологии, основанные на включении когнитивной науки (Roco и Bainbridge) [1]. Это явилось способом преодоления разрыва между научными исследо-

ваниями, образованием, инновациями, а также производственными нуждами национального и регионального масштаба.

Хотя в новой системе основное внимание будет уделяться конкретным обучающимся, не менее важной задачей является разработка принципов *глобальной образовательной среды*. Например, необходимо, чтобы все учебные материалы могли быть загружены из единого центрального хранилища в локальную память в режиме реального времени. Необходимо также создать распределенную международную «сеть конвергентных знаний и технологий», обладающую многоотраслевой базой данных, учебными модулями и оборудованием. Распределенные сети пользователей могут быть расширены с целью создания кластеров конвергентных технологий.

Прогресс в конвергенции систем образования потребует *поддерживающей инфраструктуры* как минимум трех типов:

- *физическая инфраструктура* (включающая лаборатории и производства по различным конвергентным платформам);
- *информационная инфраструктура* («универсальные» массивы баз данных и средства доступа к ним);
- *ведомственная инфраструктура* (профессиональные ассоциации, производственные объединения и государственные органы).

Распределенная сеть конвергентных знаний и технологий может включать в себя мультидоменную базу данных, учебные модули и оборудование. Нужно снабдить обучающихся испытательными стендами с дистанционным доступом к оборудованию, что необходимо для эффективного обучения различным дисциплинам и для дистанционного обучения.

Сегодня наряду с аббревиатурой CKTS часто в близком смысле употребляется аббревиатура STS³, которая предполагает междисциплинарную программу исследований науки и техники. Ее бурное развитие показало, как социальное и политическое участвует в производстве, науке и технике, которым прежде приписывалось объективное существование. Начиная с конца 70-х, методологический анализ успехов естественной науки и техники оказался одним из главных результатов исследовательской программы. Сегодня STS сохраняет свойственный ей интерес к сложным вопросам производства науки, откликаясь на современный контекст бурного развития биотехнологий. Вместе с тем ставятся новые большие задачи, начиная от исследования экспертного знания в версии третьей волны и заканчивая программой акторно-сетевой теории по реконцептуализации переплетения людей и вещей в современном мире.

² NBICS — nano-, bio-, info-, когнитивные и социально-гуманитарные технологии.

³ STS — Science and technology studies, или: Science, technology and society.

Основной целью данной исследовательской программы является понимание использующихся в социальных науках способов изучения науки и техники, теоретических подходов и практических способов анализа, выработка базовых умений и навыков по их применению в исследовательской, аналитической и практической деятельности.

Принципиальные STS-задачи состоят в том, чтобы проанализировать следующие проблемы:

- 1) специфики научного познания;
- 2) взаимодействия общества и науки, общества и технологии;
- 3) исторической изменчивости научного знания;
- 4) влияния онтологических концепций на методологию науки;
- 5) научного реализма;
- 6) антропологического и культурного измерения научного познания.

Особенностью STS-подхода является ориентация на выработку навыков аналитической и исследовательской деятельности в сфере изучения науки и техники, использование полученных знаний и приобретенных навыков для решения теоретических и практических исследовательских задач, умение собирать и «читать» информацию, полученную в результате эмпирического анализа.

В перспективе конвергентное развитие наук и технологий будет способствовать накоплению знаний и потенциальной революции в человеческих знаниях, расширению пределов их применения. Мы уже наблюдаем конвергенцию различных научных дисциплин, принципов проектирования и трансформацию инструментов познания. Междисциплинарные подходы связывают воедино различные области знаний, что в свою очередь ведет к возникновению новых знаний. Конвергенцию можно рассматривать как «единение» знаний, позволяющее связать воедино гуманитарные, естественные и социальные науки.

Рост инноваций в современном мире происходит именно за счет интеграции науки, техники и общества в единую систему. В цикле конвергенции-дивергенции исходные знания могут черпаться из любой области CKTS, а результаты могут быть получены также в любых других областях CKTS. Особое внимания должно быть уделено НИОКР в стратегических областях познания, при этом осуществляя практические разработки на базе сделанных открытий.

Процесс конвергенции можно разделить на два основных этапа:

- 1) новаторская, творческая переработка элементов знаний и технологий в новую систему,
- 2) использование инноваций в новых областях, которые могут существенно отличаться от исходных по материалам, целям и конструктивным принципам, что, в свою очередь, приводит к открытию новых знаний.

Конвергенция предполагает рост уровня междисциплинарности в ходе решения научных и технических задач, разработок методов проектирования и инструментов производства. В дополнение к интегрированной образовательной системе, которая рассматривается как часть инфраструктуры, существуют еще три компонента конвергенции:

- вычислительные средства для конвергенции;
- образование для конвергенции;
- база знаний для конвергенции.

Вычислительные инструменты для конвергенции.

В течение последних нескольких десятилетий в каждой из четырех дисциплин NBIC и в других областях были разработаны мощные средства для научно-инженерного компьютерного моделирования и инструменты для обработки материалов. Теперь необходимо создать новый класс инструментов для решения проблем на стыках различных дисциплин. Например, разработать средства для проектирования человеко-машинных интерфейсов, основываясь как на знаниях в области электроники, так и на достижениях когнитивных наук. Необходимо также поддержать усилия, направленные на создание новых принципов моделирования.

Образование для конвергенции. Необходимо провести масштабные разработки новых подходов к образованию, соответствующему эпохе конвергенции, которая потребует новых средств компьютерного моделирования и новых подходов к образованию. Широкое распространение относительно дешевых образовательных ресурсов необходимо как для практикующих ученых и инженеров, так и для построения учебных программ (по мере эволюции этих программ под влиянием конвергенции).

В более широком смысле результатом конвергентного образования может стать укрепление сотрудничества между людьми и снижение числа конфликтов на поведенческом и культурном уровнях. Это особенно важно на фоне ограниченности природных ресурсов и появления все более мощных средств разрушения, в сочетании с усиливающейся перенаселенностью нашей планеты.

База знаний для конвергенции. Сотни лет ученые в своей работе для получения информации использовали публикации и архивы в какой-л. конкретной, узкой области знаний, в то время как конвергенция должна обеспечить обмен информацией между любыми областями науки и техники. В то же время конвергенция требует *кардинального преобразования существующей практики научных публикаций*, что чревато существенными экономическими, организационными и техническими трудностями.

Проблему обмена данными и публикациями можно относительно просто решить, хотя свободный обмен информацией противоречит коммерческим интересам многих современных организаций. В то же время даже если все научные и технические

журналы будут лежать в свободном доступе в Интернете, все равно для достижения конвергенции необходимо будет провести много дополнительной работы, хотя бы потому, что в каждой области есть своя специфическая терминология, а актуальные научные исследования сегодня публикуются на все большем количестве языков. Таким образом, необходимо разработать новые эффективные инструменты для поиска, перевода и комментирования публикаций. Кроме того, на основе наиболее общих концепций желательно достичь интеллектуальной унификации.

Все чаще деятельность человека оказывается встроенной в сложные системы, в которых переплетены социальные и технические компоненты, сложным и динамичным образом взаимодействующие между собой. Учитывая, что многие аспекты жизни общества организованы в комплексные социально-технические системы, возникают следующие вопросы:

— Могут ли и другие стороны жизни развиваться в том же направлении?

— Какие инновации необходимы, чтобы обеспечить эффективную работу различных систем?

— Должны ли мы рассматривать методы управления всем обществом как методы управления единой технической конвергентной системой?

По мере роста и развития общества знаний *инструменты математического моделирования и компьютерного моделирования становятся интеграторами во всех прикладных областях.*

Обмен информацией является одним из факторов стимулирования повышения эффективности сотрудничества и создания виртуальных организаций, которые возникают во многих областях науки вокруг общего инструментария и архивов данных. Один из барьеров на пути общения между такими организациями является то, что они используют различные стандарты аппаратного и программного обеспечения, различные базы данных и метаданные.

Резюмируя изложенное, следует отметить, что CKTS может проявляться на всех уровнях знаний, технологий и общества, и, как правило, является результатом идущих интегративных процессов и межотраслевых причин. Конвергенция находится сегодня на переднем крае научного и технологического развития, обещая стать одной из основных интегральных областей знания и преобразующей силой, как это уже произошло с информационными технологиями и нанотехнологиями.

Инициатива CKTS потенциально может оказать воздействие на все аспекты жизни общества: от улучшения образования до повышения общего уровня здоровья, от достижения экологической устойчивости до стимулирования инновационного развития экономики. Конвергенция открывает многообещающие перспективы получения новых

знаний, идей, материалов и технологий. Ее влияние на повседневную жизнь будет чрезвычайно позитивным, особенно в таких областях, как образование, работа, развитие и жизнь населения.

Социальная конвергенция обладает потенциалом для значительного и эффективного улучшения человеческих возможностей, повышения экономической конкурентоспособности и обеспечения безопасной жизнедеятельности.

Следует обратить внимание на настоятельную необходимость воспользоваться этими возможностями и принять конкретные меры для осуществления конвергенции наиболее эффективным образом, чтобы решить серьезные социально-экономические проблемы, стоящие перед человечеством.

Конвергенция представляет собой междисциплинарные исследования с преобразующими взаимодействиями, создающими новые результаты. Нанотехнологии, биотехнологии, информационные технологии, когнитивные и социально-гуманитарные науки (NBICS) играют основополагающую роль для развивающихся конвергентных инструментов, которые совместно формируют одну из четырех общих CKTS платформ.

Образование является важным инструментом для подготовки нового поколения ученых и инженеров, чтобы реализовать перспективы NBICS и CKTS, что представляет собой стимул для развития конвергенции.

Областью NBICS, испытывающей самые быстрые прикладные изменения и имеющей наибольший потенциал для изменения своих прямых воздействий на человеческую жизнь в ближайшее десятилетие, являются *информационные технологии*, несмотря на то, что нанонаука, биология и когнитивная наука также быстро развиваются.

С самого начала работ по NBICS-технологиям, более десяти лет назад, возникло осознание необходимости включения социальных наук через их связи с информатикой и когнитивной наукой.

Этот сдвиг представляет собой конвергенцию науки и техники с обществом и, следовательно, может предложить совершенно новый способ рассмотрения социальных последствий технического прогресса для развития общества путем внедрения науки и технологии в общество.

Процесс конвергенции в настоящее время определяется как наращивание взаимодействия разных дисциплин, технологий и социума, для того чтобы:

- обеспечить взаимную совместимость, синергизм и интеграцию;
- более быстро генерировать новые предметы, удовлетворяющие социальные цели;
- адаптироваться к новым вещам.

Во всем мире сегодня используют достижения в медицине, ставшие возможными благодаря взаимодействию науки и технологии. Эти улучшения

происходят в основном за счет применения новых научных знаний в решении технологических задач. Конвергенция является итерацией этого процесса, что приводит к появлению новых решений и повышению эффективности инвестиций.

За последние 10 лет конвергентные технологии позволили достичь много полезных результатов, напр.:

- внедрение неинвазивных технологий визуализации мозга;
- исследование невербальной коммуникации (пространственное познание, интерфейсы «мозг-мозг» и «мозг-машина»);
- появление нейросетевой инженерии.

Конвергентные технологии полностью реализованы в обычной жизни, где они расширяют человеческие связи, доступ к областям знаний и познания с помощью таких способов, которые их изобретатели не могли предвидеть в момент их изобретения.

«Пассивная» конвергенция знаний и технологий оказала сильное влияние на развитие производства. Производственные предприятия развивались по большей части как централизованные и концентрированные городские комплексы, что, в первую очередь, обуславливалось необходимостью минимизации производственных затрат. Эти производственные комплексы создали разнообразные социальные проблемы, в т. ч. те, которые касаются:

- охраны окружающей среды;
- значительного потребления ресурсов;
- землепользования;
- городского транспорта;
- постоянно меняющегося характера потребностей занятости.

Конвергенция знаний и технологии обеспечили переход от массового к мелкосерийному производству высококачественных товаров на широко распределенных производствах.

Современным инженерам, бизнесменам, политикам понадобятся достаточные знания о конвергентных технологиях в целях ускорения перехода научных открытий в инновационные, социально значимые продукты на рынке.

Наконец, растущий темп создания новых знаний и технических инноваций заставит работников проходить переподготовку кадров на всех уровнях.

Следует отметить, что конвергенция происходит и между традиционными дисциплинами. Например, области «физической химии» в химии и «химической физики» в физике фиксируют нечеткую границу между значительной частью химии и физики. Большая часть современной биологии — вычислительной и молекулярной — в значительной степени влияет на математику, физику, химию и информатику / компьютерную технику.

Целостный системный подход, называемый «Конвергенция знаний, технологий и общества»

(CKTS), подчеркивает роль инноваций и реализации человеческого потенциала (в образовании, рабочей силе и т. п.).

Вместе с тем возникает и определенное беспокойство, связанное с новыми технологиями. Например, можно зафиксировать три основных опасения:

- 1) новые мощные технологии, такие как синтетическая биология и квантовые информационные системы, могут вызывать определенные трансформации в обществе;
- 2) этические проблемы будут препятствовать балансу новых возможностей по улучшению здравоохранения и определению пределов для увеличения численности населения;
- 3) все большее число людей признает необходимость определения воздействия нанотехнологий на охрану окружающей среды, здоровье и безопасность, а также необходимость учитывать при этом этические, правовые и социальные аспекты в научных исследованиях.

Социальное значение конвергентных технологий связано с важными факторами, в т. ч. такими, как демографические изменения, многополюсность науки и техники, передача знаний и технологий, а также влияние быстрых изменений в науке и обществе на природу и человека.

Созданы международные организации, работающие в области конвергентных технологий и по исследованиям в области нанонауки и новейших технологий. Это свидетельствует о необходимости разработки новых подходов к конвергенции знаний и технологии, выходящих за рамки существующих методов, которые ориентированы на отдельные дисциплины.

Научное познание возникло из необходимости создать целостную картину окружающего мира. Именно из холистической концепции природы исходил родоначальник современной физики Исаак Ньютон, хотя дисциплинарная структура научного знания берет свое начало еще в Античности и продолжается вплоть до наших дней.

Однако изучение разноаспектной реальности привело к тому, что вместо целостной картины мира наука получила своеобразную мозаику с разной степенью полноты изученных и понятых явлений за счет вычленения модельных сегментов природы, доступных анализу. Желая познать мир более глубоко, выявить фундаментальные законы, лежащие в основе мироздания, человек был вынужден сегментировать природу, создать дисциплинарные границы.

Следствием этого явилась узкая специализация науки и образования, что, в свою очередь, определило отраслевой принцип организации экономики и производства.

Последующее развитие цивилизации с необходимостью потребовало возникновения сначала инте-

грированных межатраслевых технологий, а в настоящее время — *надотраслевых* технологий, примерами которых являются *информационные* и *нанотехнологии* (манипулирование атомами). При этом последние представляют собой единый фундамент для развития *всех* отраслей новой наукоемкой технологии постиндустриального (информационного) общества, первый надотраслевой приоритет развития. Нанотехнологии — это базовый приоритет для всех существующих отраслей, которые изменят и сами информационные технологии. В этом заключается синергизм новой системы, что возвращает нас к цельной картине естествознания. Можно сказать, что сегодня у ученых есть некий набор паззлов, из которых надо вновь собрать целостный неделимый мир.

Последние привели к изменению исследовательской парадигмы: если ранее научное познание носило аналитический характер («сверху вниз»), то теперь оно перешло на синтетический уровень («снизу вверх»), что потребовало отказа от узкой специализации и перехода к созданию различных материалов и систем на атомно-молекулярном уровне.

Важнейшими чертами современного этапа развития научной сферы являются:

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

Цивилизация прошла путь от *макротехнологий* (дом, машина), где измерения производились линейками или рулетками, через *микротехнологии* (полупроводники, интегральные схемы), где в качестве измерительных приборов уже использовались оптические методы, до *нанотехнологий*, где для измерений нужны уже рентгеновские дифракционные методы и установки для их реализации, ибо стандартные оптические методы достигли границ своей применимости.

Можно сказать, что *нанотехнологии* представляют собой методологию современного научного познания, ее рабочий инструмент, ведущий к принципиальному стиранию междисциплинарных границ. Более того, это именно методология создания новых материалов, а не «одна из» множества других существующих технологий. Иными словами, если современная *физика* является сегодня *методологией холистического понимания* природы, *математика* — *аппаратом (языком)* этого понимания, то *конвергентные технологии* являются *инструментом* этого аппарата, с одной стороны, а с другой, — основой промышленного производства и системы образования (философия образования).

Именно конвергентные технологии, являясь материальным плацдармом современного научного

подхода, исходя из нанотехнологической методологии, изменили парадигму познания с аналитической на синтетическую, породив современные промышленные технологии, обеспечившие стирание узких междисциплинарных границ.

При этом следует иметь в виду, что неотраслевые технологии ни в коем случае не уничтожают специальное знание, как утверждают многие отечественные философы постнеклассического толка, — просто узкая специализация останется необходимым компонентом точного знания.

Вместе с тем не следует относиться к нанотехнологиям как к некоторой панацее, которая избавит человечество от всех существующих проблем — от экономических до очень модных сегодня глобальных, экологических.

Нанотехнологии, как уже неоднократно подчеркивалось, — это прежде всего инструмент, который во многих аспектах является универсальным для интегрированного целеуказания, которым является конвергенция. Но ее главным проективным критерием является функция *сложности*, отражающей совершенство произведенной системы.

Существовавшие ранее технологии создавались для нужд человека, под его запросы и потребности, а существующие сейчас технологии (напр., те же надотраслевые — информационные и нанотехнологии) оказываются в состоянии изменить самого человека, чего не было в прошлом. Об этом много рассуждает М. Кастельс в контексте информационной эпохи. Более того, все чаще антропологи отмечают прямое влияние технологий на эволюцию человека как биологического вида.

Таким образом, NBICS-конвергенция порождает множество очень серьезных мировоззренческих проблем. Если нач. XX в. ознаменовалось известным тезисом о неисчерпаемости электрона, то нач. XXI в. знаменуется тезисами о диалектической *неисчерпаемости* человеческого мозга и принципиальной возможности *воспроизводства* живого. При этом нужно иметь в виду, что эти установки следует понимать не в буквальном смысле, а с точки зрения *асимптотического* приближения, хорошо известного математикам и физикам.

Сегодня в когнитивной науке получила широкое распространение компьютерная метафора функционирования мозга. Но это очень приближенная модель: действительно, компьютер — это числовая алгоритмическая система, а мозг принципиально неалгоритмичен (во всяком случае, все многочисленные попытки ученых найти или хотя бы описать эти алгоритмы не дали результатов). К тому же мозг работает с психическими образами при обработке информации, т. е. является аналоговой системой. Вместе с тем не стоит забывать, что информация всегда имеет материальный носитель, без и вне которого она не может существовать.

Научная картина мира требует возвращения к натурфилософии (философии природы), с которой 300 лет назад начинал И. Ньютон, органично включающую в себя естественные и гуманитарные науки. И необходимым инструментом для решения данной задачи являются конвергентные NBICS-технологии.

При этом постоянно следует иметь в виду, что NBICS-конвергенция помимо позитивных аспектов может таить в себе и большое количество угроз и социально-экономических рисков. Определение ключевых факторов риска в значительной степени зависит от перспектив, которые открываются, и от области применения и приложения. Поэтому следует уделять внимание и различным аспектам обеспечения безопасности.

Конвергентные технологии открывают огромные потенциальные возможности и перспективы для человечества, но они же могут оказаться и ящиком Пандоры. Возможно, это лучший тест на разумность вида *homo sapiens*.

Таким образом, в конце XX — нач. XXI вв. в естествознании складывается качественно новый тип научной картины мира. Развитие производительных сил до уровня пятого и шестого технологических укладов привело к значительному росту теоретической и материально-предметной активности субъекта. Роль науки в обществе продолжает возрастать, она все в большей мере выступает непосредственной производительной силой и интегративной основой всех сфер общественной жизни на всех ее уровнях. Как никогда ранее сблизилась наука и техника, фундаментальные и прикладные науки, науки естественные и социально-гуманитарные (на фоне возрастания роли человеческого фактора во всех формах деятельности). Выделяются совершенно новые типы объектов научного познания. Они характеризуются сложностью организации, открытостью, саморегулированием, уникальностью, а также историзмом, саморазвитием, необратимостью процессов, способностью изменять свою структуру и т. п.

К такого типа уникальным объектам относятся, прежде всего, природные комплексы, в которые включен человек как субъект деятельности (экологические, социальные объекты, медико-биологические, биотехнологические, биосферные, эргономические, информационные комплексы, включая системы искусственного интеллекта и др.). Исследование такого рода объектов требует новых, ранее не проявлявшихся в познавательной деятельности особенностей. Так, изменяются представления классического и неклассического естествознания о ценностно-нейтральном характере научного исследования. В процесс и результат научного познания непосредственно включаются аксиологические факторы (социальная экспертиза, ценностные, эти-

ческие, эстетические и др. обстоятельства). Крайне важным является появление информационных технологий — первых, носящих надотраслевой характер. Сегодня без них не может существовать ни одна из отраслей науки, промышленности (благодаря им возникли телемедицина, дистанционное обучение, автоматические системы пилотирования самолетов, кораблей и т. д.) — информационные технологии стали неким «обручем», который методологически и теоретически объединил, интегрировал разные научные дисциплины и технологии [2].

В современной науке предметная активность субъекта достигла такого уровня, когда появились исключительные возможности созидания новой сферы материальной культуры на основе атомно-молекулярного конструирования искусственных, целенаправленно созданных человеком материальных вещественных образований с принципиально новыми, заданными свойствами. Современные нано- и биотехнологии размывают границы между практической и познавательной деятельностью, познание объекта становится возможным только в результате его предметно-деятельного преобразования. По сути, идет процесс формирования материальной культуры в совершенно новом качестве. Налицо тенденция замены узкой специализации междисциплинарностью, что, в свою очередь, ведет уже к трансдисциплинарной интеграции.

В современном познании аналитический подход к познанию структуры материи окончательно сменился синтетическим. Анализ и синтез по своей сути не только дополняют, но и взаимно обуславливают друг друга, трансформируются один в другой. Разумеется, в дальнейшем путь анализа никуда не исчезнет, но он перестанет быть главным приоритетом (скорее, отойдет на второй план в векторе развития науки).

Все это влечет за собой качественные изменения характера «внутреннего» и «внешнего» единства науки. Идеал аксиоматическо-дедуктивной системы как форма организации «внутреннего единства» науки сменяется идеалом поливариантной теории — построением конкурирующих теоретических описаний, основанных на методах аппроксимации, компьютерных программах и т. д. В частности, это вызвано потребностями разработки способов описания (объяснения) состояний развивающегося объекта, которые должны включать в себя построение сценариев возможных многовариантных линий изменяющихся состояний объекта, особенно когда объектом является развивающаяся система, существующая лишь в одном экземпляре (Вселенная, биосфера, социум и др.). Здесь главная сложность в том, что, во-первых, нет возможности воспроизводить первоначальные состояния такого объекта, а, во-вторых, в данное время нет возможности воспроизвести его будущие состояния. В таком случае

концептуальные обобщения эмпирических данных проецируются на множественные теоретические модели вероятностных линий эволюции объекта.

«Внешнее единство» современной науки реализуется на нескольких уровнях: в процессе установления системных взаимосвязей между различными областями знания; в ходе трансформации методологии познания, способов и методов познания, методологических установок; через появление новых элементов картины мира; при уточнении философских оснований конкретно-научного познания и др. Наиболее важный интегративный уровень связан с научной картиной мира. На уровне картин мира единство научного знания в современной науке проявляется в усилении междисциплинарных взаимодействий, уменьшении уровня автономности специальных научных картин мира, которые интегрируются в системы естественнонаучной и социальной картин мира, а затем обобщаются в общенаучной картине мира.

Сама общенаучная картина мира начинает все в большей мере соединять принципы системности и эволюции; она базируется на идее универсального эволюционизма. Это позволяет ей через установление преемственных связей между неорганическим миром, живой природой и социумом устранить исторически сложившееся в познании противопоставление естественнонаучной и социальной картин мира, усилить интегративные связи отдельных наук, специальных картин мира, представить их как фрагменты единой общенаучной картины мира. На уровне философских оснований система современной науки интегрируется, прежде всего, категориальным аппаратом, теоретически отражающим проблематику социокультурной обусловленности познания, включая сюда проблему мировоззренческих и социально-этических регулятивов современной науки.

Все эти интегративные многоуровневые процессы позволяют говорить о новом типе интеграции в системе современной науки. «Внутреннее» и «внешнее» единство науки сливаются в некий единый когнитивно-ценностный комплекс требований к познавательному процессу. Единство науки приобретает качественно новый характер, который получил название *конвергенцией наук*.

К характеристикам конвергентного единства могут быть отнесены также следующие черты современной науки.

Во-первых, доминирование междисциплинарных исследований, которые берут на себя интегративные функции по отношению к отдельным наукам (примерами могут служить теория систем, теория управления и т. д.). На этой основе происходит сближение отдельных наук, способов познания. Интеграция носит не просто междисциплинарный, а трансдисциплинарный характер.

Во-вторых, растет само многообразие интегративных процессов; иначе говоря, происходит их дифференциация, т. е. интеграция дифференцируется.

В-третьих, сама дифференциация становится все в большей мере моментом интеграции, приобретает все более явно выраженную интегративную направленность, выступает как закономерный, функциональный момент процесса самоорганизации и самоструктурирования науки. Иначе говоря, дифференциация из особого направления эволюции науки становится частью доминирующего в ней интеграционного процесса.

В-четвертых, 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. Другими словами, отдельные процессы дифференциации и интеграции сливаются в единый интегрально-дифференциальный синтез.

Яркой иллюстрацией конвергентных процессов является новейшее направление развития науки, связанное с нано-, био-, инфо-, когнитивными (NBIC) науками и технологиями. Именно нанотехнологии (в виде технологий атомно-молекулярного конструирования материалов с качественно новыми свойствами «под заказ») создают фундамент принципиально нового технологического уклада и принципиально нового уровня организации науки и научных технологий. Внутренняя логика развития нанотехнологий нацелена на объединение множества узкоспециализированных наук в единую систему современного научного познания. Базой такого объединения является не только знание атомарного

Таблица.

Сравнительная характеристика естественнонаучного и гуманитарного типов познания мира

Естественнонаучное познание	Гуманитарно-художественное познание
1. Носит объективный характер	1. Носит субъективный характер
2. Предмет познания типичен	2. Предмет познания индивидуален
3. Историчность не обязательна	3. Всегда исторично
4. Создает только знание	4. Создает знание, а также мнение и оценку познаваемого предмета
5. Естествоиспытатель стремится быть сторонним наблюдателем	5. Гуманитарий неизбежно участвует в исследуемом процессе
6. Опирается на язык терминов и чисел	6. Опирается на язык образов

устройства мира, но и способность человека целенаправленно им манипулировать, конструируя немислимые ранее материалы. Все это, на наш взгляд, дает основания утверждать, что новейшая «нанотехнологическая революция» является выражением глубинной закономерности возрастания роли субъекта в теоретическом и практическом освоении человеком мира. Развитие науки достигло такого технологического уровня, когда стало возможным не просто моделировать, а адекватно воспроизводить системы и процессы живой природы с помощью конвергентных нано-, био-, инфо-, когнитивных наук и технологий (NBIC-технологии). Двигаясь по пути синтеза «природоподобных» систем и процессов, человечество рано или поздно подойдет к созданию антропоморфных технических систем, высокоорганизованных «копий живого».

Для того, чтобы разумно, безопасно и эффективно пользоваться всеми этими достижениями, привести современную техносферу в гармонию с природой, 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-, инфо-, когнитивных технологий дополняется социально-гуманитарными технологиями, становясь уже NBICS-технологиями.

Это делает их практическим инструментом формирования качественно новой техносферы, которая станет органичной частью природы.

Новая научная картина мира складывается в естествознании XXI в.:

- 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 интегрально-дифференциальный синтез; усиливается взаимодействие между внешним и внутренним единством науки, они часто становятся неразличимыми. Такая парадигма научного знания может быть названа *конвергентной* [1].

Список литературы

1. Roco M.C., Bainbridge W.S. Converging technologies for improving human performance: nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science. *Dordrecht*. 2003. 488 p.
2. Ковальчук М.В. Идеология нанотехнологий. М. 2010. С. 83.
[Kovalchuk M.V. The ideology of nanotechnologies. М. 2010. P. 83.]