ФЕНОМЕН NBIC-КОНВЕРГЕНЦИИ. РЕАЛЬНОСТЬ И ОЖИДАНИЯ

В. ПРАЙД, Д.А. МЕДВЕДЕВ

1. Что такое феномен NBIC-конвергенции?

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. Технологии же всегда развивались взаимосвязано, и, как правило, прорывы в одной области были связаны с достижениями в других областях. При этом развитие технологий обычно определялось в течение длительных периодов каким-либо одним ключевым открытием или прогрессом в одной области. Так, можно выделить открытие металлургии, использование силы пара, открытие электричества и т.п.

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, не так давно замеченное исследователями, получило название *NBIC-конвергенции* (по первым буквам областей: *N*-нано; *B*-био; *I*-инфо; *C*-когно). Термин введен в 2002 г. Михаилом Роко и Уильямом Бейнбриджем, авторами наиболее значительной в этом направлении на данный момент работы, отчета Converging Technologies for Improving Human Performance[1], 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 культурообразующему значению. В данной работе мы также постараемся выявить философски значимые следствия описываемого феномена.

Визуализация NBIC-конвергенции стала возможна, когда, базируясь на анализе научных публикаций и используя метод визуализации, основанный на взаимном цитировании и кластерном анализе[2], была построена схема сети пересечений новейших технологий. Данная схема (*рис. 1*) отражает природу NBIC-конвергенции.

Рис. 1. Карта пересечений новейших технологий
Источник: Авторская переработка схемы из доклада
Mapping the Structure and Evolution of Science (Borner 2006).

Расположенные на периферии схемы основные области новейших технологий образуют пространства взаимных пересечений. На этих стыках используются инструменты и наработки одной области для продвижения другой. Кроме

того, учеными иногда обнаруживается сходство изучаемых объектов, принадлежащих разным областям.

Из четырех описываемых областей наиболее развитая (информационно-коммуникационные технологии) на данный момент чаще всего поставляет инструменты для развития других. В частности, это возможность компьютерного моделирования различных процессов. Биотехнология также дает инструментарий и теоретическую основу для нанотехнологий и когнитивной науки, и даже – для развития компьютерных технологий.

Действительно, взаимодействие нано- и биотехнологий (так же, как и остальных составляющих схемы, и это будет показано ниже) 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. В перспективе видна возможность синтеза белков, выполняющих заданные функции по манипуляции веществом на наноуровне[3]. Были продемонстрированы и обратные возможности, например, модификация формы белковой молекулы с помощью механического воздействия (фиксация «наноскобой»)[4]. 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 от-

личаются 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.

Далее, как видно из *рис.1*, нанотехнологии и когнитивная наука наиболее 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.

Надо сказать, что в прошлом и сейчас темпы увеличения мощности компьютеров описываются Законом Мура, который утверждает, что с самого начала появления микросхем каждая новая модель их разрабатывается спустя примерно 18—24 месяцев после появления предшествующей модели, а емкость их при этом возрастает каждый раз вдвое. По мере развития нанотехнологий станет возможным создание более совершенных вычислительных устройств. В свою очередь, это облегчит моделирование нанотехнологических устройств, обеспечивая ускоренный рост нанотехно-

логий. Подобное синергетическое взаимодействие, весьма вероятно, обеспечит относительно быстрое (всего за 20—30 лет) развитие нанотехнологий до уровня молекулярного производства.

Симуляция молекулярных систем пока находится в начале своего развития, но уже удалось симулировать (с атомарной точностью, учитывая тепловые и квантовые эффекты) работу молекулярных устройств размером до 20 тыс. атомов[5], также построить атомарные модели вирусов и некоторых клеточных структур размером в несколько миллионов атомов.

Информационные технологии также используются для моделирования биологических систем. Возникла новая междисциплинарная область *вычислительная биология*, включающая биоинформатику, системную биологию и др.[6] К настоящему моменту создано множество самых разнообразных моделей, симулирующих системы от молекулярных взаимодействий до популяций. Объединением подобных симуляций различных уровней занимается, в частности, системная биология. Ряд проектов самого разного рода занимается интеграцией моделей организма человека на различных уровнях (от клеток до целого организма). Так, проект *Blue Brain* (совместный проект IBM и Ecole Polytechnique Federale de Lausanne) создан для работы над моделированием коры головного мозга человека (Blue Brain Project). В будущем станет возможным полное моделирование живых организмов, от генетического кода до строения организма, его роста и развития, вплоть до эволюции популяции.

Не только компьютерные технологии оказывают большое влияние на развитие биотехнологий. Наблюдается и обратный процесс, например, в разработке так называемых ДНК-компьютеров[7]. Была продемонстрирована практическая возможность вычислений на ДНК-компьютерах[8]. Взаимодействие между самой первой по времени возникновения и последней волнами НТР (компьютерной и когнитивной) является, возможно, в перспективе наиболее важной «точкой научно-технологического роста».

Во-первых, как уже было сказано, информационные технологии сделали возможным существенно более качественное, чем раньше, изучение мозга. Во-вторых, разви-

тие компьютеров делает возможной (и, как мы уже видели, на этом пути есть определенные успехи) симуляцию мозга. Сейчас идет работа (проект *Blue Brain*) над созданием полных компьютерных моделей отдельных неокортексных колонок, являющихся базовым строительным элементом новой коры головного мозга – неокортекса[9]. В перспективе (по оценкам экспертов, к 2030 – 2040 гг.[10]) возможно создание полных компьютерных симуляций человеческого мозга, что означает симуляцию разума, личности, сознания и других свойств человеческой психики.

В-третьих, развитие «нейро-силиконовых» интерфейсов (объединения нервных клеток и электронных устройств в единую систему) открывает широкие возможности для киборгизации (подключения искусственных частей тела, органов и т.д. к человеку через нервную систему), разработки интерфейсов «мозг-компьютер» (прямое подключение компьютеров к мозгу, минуя обычные сенсорные каналы) для обеспечения высокоэффективной двусторонней связи[11]. В-четвертых, наблюдаемый сейчас стремительный прогресс в когнитивной науке в скором времени, как полагает ряд ученых, позволит «разгадать загадку разума», т.е. описать и объяснить процессы в мозгу человека, ответственные за высшую нервную деятельность человека. Следующим шагом, вероятно, будет реализация данных принципов в системах универсального искусственного интеллекта. Универсальный искусственный интеллект (также называемый «сильный ИИ» и «ИИ человеческого уровня») будет обладать способностями к самостоятельному обучению, творчеству, работе с произвольными предметными областями и свободному общению с человеком. Считается, что создание «сильного ИИ» станет одним из двух главных технологических достижений XXI в. наряду с молекулярными нанотехнологиями[12].

Обратное влияние информационных технологий на когнитивную область, как уже было показано, весьма значительно, но оно не ограничивается использованием компьютеров в изучении мозга. Информационные и коммуникационные технологии (ИКТ) также уже сейчас используются для усиления человеческого интеллекта. Они во все большей степени дополняют естественные способности че-

ловека к работе с информацией. Исследователи предсказывают, что по мере развития данной области будет происходить формирование «внешней коры» («экзокортекс») мозга, т.е. системы программ, дополняющих и расширяющих мыслительные процессы человека. Естественно предположить, что в дальнейшем элементы искусственного интеллекта будут интегрироваться в разум человека с использованием прямых интерфейсов «мозг-компьютер»[13]. Многие ученые считают, что это может произойти в 2020 – 2030-х годах[14].

Принимая во внимание описанные выше взаимосвязи, а также в целом междисциплинарный характер современной науки, можно даже говорить об ожидаемом в перспективе слиянии NBIC областей в единую научно-технологическую область знания.

Такая область будет включать в предмет своего изучения и действия почти все уровни организации материи: от молекулярной природы вещества (нано), до природы жизни (био), природы разума (когно) и процессов информационного обмена (инфо). Как отмечает Дж. Хорган, в контексте истории науки, возникновение такой мета-области знания будет означать «начало конца» науки, приближение к ее завершающим этапам[15].

Разумеется, это утверждение не следует интерпретировать как косвенный аргумент в пользу духовного, религиозного и эзотерического «знания», т.е. перехода от научного познания к какому-то иному. «Исчерпаемость научного познания», по мнению Хоргана, означает завершение организованной деятельности человека по изучению основ материального мира, классификации природных феноменов, выявлению базовых закономерностей, определяющих идущие в мире процессы[16]. Следующим этапом может стать изучение сложных систем (в т.ч. намного более сложных, чем существующие сейчас).

В целом, можно говорить о том, что развивающийся на наших глазах феномен NBIC-конвергенции представляет собой радикально новый этап научно-технического прогресса. По своим возможным последствиям NBIC-конвергенция является важнейшим эволюционно-определяющим фактором и знаменует собой начало трансгуманистических преоб-

разований, когда сама по себе эволюция человека, надо полагать, перейдет под его собственный разумный контроль.

Итак, отличительными особенностями NBIC-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 – благодаря NBIC-конвергенции.

Философские и мировоззренческие проблемы, порождаемые NBIC-конвергенцией

NBIC-конвергенция имеет не только огромное научное и технологическое значение. Технологические возможности, раскрывающиеся в ходе NBIC-конвергенции, неизбежно приведут к серьезным культурным, философским и социальным потрясениям. В частности, это касается пересмотра традиционных представлений о таких фундаментальных понятиях, как жизнь, разум, человек, природа, существование.

Исторически эти категории формировались и развивались в рамках достаточно медленно изменяемого общества. Поэтому данные категории корректно описывают только явления и объекты, не выходящие за рамки знакомого и привычного. Пытаться использовать их с прежним содержанием для описания нового мира, создаваемого на наших глазах с помощью технологий конвергенции, нельзя – точно так же, как нельзя применять неделимые, неизменные атомы Демокрита для описания термоядерного синтеза.

Возможно, что от основанной на повседневном опыте определенности человечеству предстоит перейти к пониманию того, что в реальном мире не существует четких границ между многими считавшимися ранее дихотомичными явлениями. Прежде всего, в свете последних исследований теряет свой смысл привычное различие между живым и

неживым. Начиная с Демокрита[17], философы рассматривали проблему сходства и различия живого и неживого. Впрочем, долгое время эта проблема рассматривалась преимущественно с идеалистических или даже эзотерических позиций.

Ученые-естествоиспытатели достаточно давно столкнулись с этой проблемой (еще Ламарк описывал различия между живым и неживым). Так, вирусы обычно не относят ни к живым, ни к неживым системам, рассматривая их как промежуточный по сложности уровень. После открытия прионов[18] – сложных органических молекул, способных к размножению – граница между живым и неживым стала еще более размытой. Развитие био- и нанотехнологий грозит полностью стереть эту грань. Построение целого спектра функциональных систем непрерывно усложняющейся конструкции – от простых механических наноустройств до живых разумных существ – означает, что принципиальной разницы между живым и неживым нет, есть лишь системы, в разной степени обладающие характеристиками, традиционно ассоциирующимися с жизнью[19].

Также постепенно стирается различие между мыслящей системой, обладающей разумом и свободой волей, и жестко запрограммированной. В нейрофизиологии, например, уже сформировалось понимание того, что человеческий мозг является биологической машиной: гибкой, но, тем не менее, запрограммированной кибернетической системой[20]. Развитие нейрофизиологии позволило показать, что человеческие способности (такие, как распознавание лиц, постановка целей и т. п.) носят локализованный характер и могут быть включены или выключены вследствие органических повреждений определенных участков мозга[21] или ввода в организм определенных веществ[22]. Исходя из подобного понимания работы мышления, российский специалист в области искусственного интеллекта А. Л. Шамис считает: «Не исключено, что все интерпретации психологического уровня окажутся возможными и на уровне компьютерного моделирования мозга. В том числе и интерпретация таких особенностей мозга, как интуиция, инсайт, творчество и даже юмор»[23]. И возможно, что живое – это просто очень сложное неживое, а разумное – просто очень сложное неразумное...

Уже сейчас живые существа создаются «искусственно»: с помощью генной инженерии. Недалек тот день, когда станет возможным создавать сложные живые существа (в том числе с помощью нанотехнологий) из отдельных элементов молекулярных размеров. Помимо расширения границ человеческого творчества, это неизбежно будет означать трансформацию наших представлений о рождении и смерти.

Одним из следствий таких возможностей станет распространение «информационной» интерпретации жизни, когда ценность представляет не только материальный объект (в том числе – живое существо) как таковой, но и информация о нем. Это приведет к реализации сценариев так называемого «цифрового бессмертия»[24]: восстановления живых разумных существ по сохранившейся информации о них. Такая возможность до недавней поры рассматривалась только писателями-фантастами. Но в 2005 г. компанией Hanson Robotics был создан робот-двойник писателя Филиппа Дика, воспроизводящий внешность писателя с загруженными в примитивный мозг-компьютер всеми произведениями писателя. С роботом можно разговаривать на темы творчества Дика[25]. Возможно, что в перспективе человек будет считаться живым *в различной степени* в зависимости от сохранности информации о нем, полученной с помощью психологических опросников[26] или записывающих устройств.

Пересматривать также приходится и само понятие «человек». Сначала с применением абортов, а потом и в связи с развитием биотехнологий человечество столкнулось с такими проблемами, как определение момента возникновения человеческой жизни. Встал вопрос о применимости понятия «человек» к эмбриону на разных стадиях его развития. По мере перестройки человека вопрос о границах «человечности» встанет еще не раз.

Относительно просто этот вопрос решается, когда мы улучшаем наличествующую на данный момент природу человека (медицина, протезирование, очки и пр.). Несколько сложнее дело обстоит с преображением, модификацией человека. Исторически сложилось, что верхней границы «человечности» нет. Возможно, что – ввиду ее неактуальности до последнего времени – теме определения границ «чело-

вечности» уделяли мало внимания. Но если человек сознательно приобретет нечто, ранее людям не свойственное (жабры, например), и откажется от свойственного (легкие в данном случае), можно ли говорить о «потере человечности»? Единственным разумным решением подобных вопросов представляется заключение о том, что «человек» – это всего лишь удобный термин, который мы придумали для отображения привычного для нас мира.

Как мы видим, точно так же, как с традиционными дихотомиями живое – неживое, разумное – неразумное, существование границы между человеком и не-человеком может быть также подвергнуто сомнению.

В качестве примера относительности понятия разумного можно привести идеи, планы и достижения по так называемому «возвышению» («аплифтингу») животных. Существует немало данных, говорящих о том, что при адекватном воспитании некоторые животные (прежде всего, высшие приматы, возможно, и дельфины) проявляют необычайно высокие способности[27]. Обеспечить животных соответствующим воспитанием и образованием может стать этически необходимым для человека на определенном этапе его развития. При подобном развитии событий такие животные смогут считаться разумными, а значит, грань между человеком (разумным) и животными станет не столь явной. Аналогичным образом, развитие гуманоидных роботов и наделение их искусственным интеллектом приведет к стиранию границ между человеком и роботом.

Столь же неоднозначным является вопрос, что же в будущем будут называть природой. Представление о человеке как небольшом, слабом существе в большом, враждебном и опасном мире неизбежно изменяется по мере того, как человек получает все больший контроль над миром. С развитием нанотехнологий человечество потенциально может взять под контроль любые процессы на планете. Нанотехнологии дают неограниченные производственные возможности, а значит, наномашины могут быть распространены по всему объему планеты Земля. Искусственный интеллект может эффективно управлять всей совокупностью наномашин. Существующие проекты глобальной защиты,

такие как NanoShield[28], предлагают такой уровень контроля для целей обеспечения безопасности, но функции подобной системы могут быть расширены для обеспечения тотального контроля за всеми процессами на Земле.

Что будет при этом являться «природой», где будет находиться «природа», да и вообще – существует ли «природа» на планете, где нет места масштабным случайным явлениям, где постоянно контролируется все – от глобальной погоды до биохимических процессов в отдельной клетке? Здесь проглядывает стирание еще одной дихотомии: искусственное — естественное.

Столь же непривычно в свете развития NBIC-конвергенции видоизменяется понятие *существования* какого-то объекта. Первым шагом на пути трансформации философской категории существования будет «информационный» взгляд на объекты (в чем-то схожий с платонизмом). Если с точки зрения сторонних наблюдателей нет разницы между физическим существованием объекта и существованием информации о нем (как в случае с компьютерной симуляцией или восстановлением объекта по информации о нем), то возникает вопрос: следует ли придавать особое значение физическому существованию носителя информации[29]? Если нет, то какой объем информации должен сохраняться, и в какой форме, чтобы можно было говорить о существовании информационном?

3. Возможное влияние NBIC-конвергенции на дальнейшую эволюцию цивилизации

Развитие NBIC-технологий может стать началом нового этапа эволюции человека – этапа направленной осознанной эволюции. В этом проявляется трансгуманистический характер NBIC-конвергенции. Особенность *направленной* эволюции, как явствует из названия, заключается в наличии цели. Обычный эволюционный процесс, основанный на механизмах естественного отбора, слеп и направляется лишь локальными оптимумами. Искусственный отбор, осуществляемый человеком, направлен на формирование и закрепление желаемых признаков. Однако отсутствие эффективных эволюционных механизмов до сих пор ограничивало область

применения искусственного отбора. По нашему мнению, на смену длительному и постепенному процессу накопления благоприятных изменений идет инженерный процесс постановки целостных задач и их планомерного решения.

Первые практические методы и результаты направленной эволюции можно наблюдать уже сейчас (появление генномодифицированных растений и животных, ранняя диагностика синдрома Дауна и пр.). По мере расширения возможностей будут появляться и новые результаты. От генетически модифицированных растений и животных (сегодня) – к молекулярным машинам на основе вирусов (один из путей создания молекулярных машин). Затем – к искусственно созданным биологическим системам для выполнения производственных, медицинских и иных функций к возвышению животных, созданию сложных химерных и искусственных организмов[30].

Конечный этап развития этого направления сложно описать в привычных терминах. Описательная проблема состоит в том, что традиционные термины, категории и образы формировались человеческой культурой в условиях ограниченных материальных, технических и интеллектуальных ресурсов, что наложило значительные ограничения на наши описательные возможности. Надо полагать, что биологические системы отдаленного будущего будут соответствовать текущим потребностям их создателей, какими бы они ни были.

Биологические системы на основе белков и ДНК являются лишь одним из известных подходов к развитию чрезвычайно перспективной отрасли – нанотехнологии. Еще одним известным подходом являются наномеханические устройства («подход Дрекслера»), развиваемые сейчас во многих странах, прежде всего, в США. По мере того как будет реализован потенциал этих подходов и наращены возможности инструментов (симуляции, наноманипуляторы, ИИ-проектировщики), будет происходить усиление направленной эволюции. Теоретики нанотехонологической революции предсказывают, что новые системы будут одновременно крайне сложными (10^{30} атомов и более[31])и оптимизированными на атомарном уровне (принцип: каждый атом на своем месте).

Существование живых существ теоретически может быть основано на новом нанотехнологическом субстрате. Частично это существование будет симулировано в компьютерах, частично реализовано в реальных физических функциональных системах[32]. Сложность воспроизводимых систем будет непрерывно возрастать вплоть до уровня «общества» или «человечества». Существующая концепция ноосферы может, с некоторыми оговорками, быть использована для описания результата подобных трансформаций.

Таким образом, изменения, обусловленные конвергенцией технологий, можно охарактеризовать по широте охватываемых явлений и масштабности будущих преобразований как революционные. Кроме того, есть основания полагать, что, благодаря действию закона Мура и возрастающему влиянию информационных технологий на NBIC-конвергенцию, процесс трансформации технологического уклада, общества и человека будет (по историческим меркам) не длительным и постепенным, а чрезвычайно быстрым.

Сложно дать какие-либо характеристики ситуации, в которой объектом трансформаций станут все аспекты жизни человека. Будет ли достигнуто какое-либо благоприятное стабильное состояние, продолжится ли рост и усложнение неограниченно долго, или же подобный путь развития завершится какой-то катастрофой, пока сказать невозможно. Но попробовать сделать некоторые предположения относительно социальной эволюции человечества в новых условиях можно.

Эволюция общества идет тысячелетия. Биологически (этологически) обусловленные группы охотников-собирателей постепенно трансформировались в сложным образом организованный социум. На сегодняшний день можно ожидать, что по мере развития «проникающих» компьютерных систем[33]) и носимых компьютеров взрывообразно умножающаяся социальная информация будет во все большей степени доступна человеку и все более востребована и используема.

Более того, учитывая развитие информационно-коммуникационных технологий и искусственного интеллекта, мы вправе ожидать серьезного прогресса в изучении закономерностей существования социальных структур. Появление по-

добной развитой науки будет означать конец стихийной эволюции и переход к сознательному управлению обществом.

Разумеется, первые попытки в данной области делались уже давно, начиная с первых утопий и заканчивая масштабными экспериментами в области социального управления в XX веке (построение коммунистического общества в социалистических странах, институт связей с общественностью и методы манипуляции сознанием в США, тоталитарная система Северной Кореи и др.). Однако все эти попытки опирались на весьма несовершенное понимание механизмов функционирования и развития общества.

Со временем результаты социального конструирования будут, вероятно, в значительно большей степени соответствовать планам. Следует, однако, заметить, что элемент стихийности может сохраниться, в частности, за счет существования конкурирующих интересов различных групп.

Как же будет развиваться цивилизация с появлением эффективных инструментов социального конструирования и по мере развития конвергенции технологий?

Развитие NBIC-технологий приведет к значительному скачку в возможностях производительных сил. С помощью нанотехнологий, а именно — молекулярного производства, по расчетам специалистов, станет возможным создание материальных объектов с чрезвычайно низкой себестоимостью[34]. Молекулярные наномашины, в том числе, наноассемблеры[35], могут быть невидимы глазу и распределены в пространстве в ожидании команды на производство. Подобную ситуацию можно характеризовать как превращение природы в непосредственную производительную силу, т.е. как ликвидацию в обществе традиционных производственных отношений. Такое положение вещей теоретически могло бы характеризоваться отсутствием государства в современном понимании этого слова, отсутствием товарно-денежных отношений и высоким уровнем свободы людей. В новой ситуации традиционная экономика и даже эволюционная теория в имеющемся на сегодняшний день виде перестанут быть применимыми.

Еще до того как молекулярное производство радикально изменит экономическую ситуацию, можно отметить некоторые важные для экономики следствия развития других

областей. В области когнитивных технологий ключевым достижением применительно к экономике может стать разработка искусственного интеллекта, который и будет направлять множество нанороботов в их производительной работе.

В будущем информационные и коммуникационные технологии будут встроены в глобальную производственную систему, обеспечивая возможность работы нанотехнологий и искусственного интеллекта с наибольшей эффективностью.

Если прогнозы о движении в сторону «ноосферного» развития окажутся верными, то развиваться будут взаимоотношения, связанные с творческой и познавательной деятельностью. Вообще же относительно социального развития общества через несколько десятилетий (именно такие сроки указывают специалисты[36], прогнозируя появление наноассемблеров) пока больше вопросов, чем ответов.

Тем не менее, вероятно, часть существующих социальных структур сохранится достаточно длительное время лишь с небольшими изменениями. Однако в перспективе растущая автономность индивидов приведет к зарождению новых сообществ, новых социальных норм в рамках старых систем.

Как изменится культура человечества в процессе трансформации, сказать сложно. На этот процесс серьезно могут повлиять изменения морально-этических норм, которые неизбежно будут происходить именно вследствие развития современных технологий. Возможно, этическими установками можно будет управлять. Критерий удовольствия, один из достаточно важных этических критериев еще со времен Эпикура, также трансформируется – станет возможным получение удовольствия без привязки к конкретным действиям или событиям[37].

Как же будет развиваться цивилизация с точки зрения биологического уровня ее организации? Люди, модифицированные и улучшенные с помощью конвергентных технологий, начнут составлять все большую долю населения. Постепенно важность искусственного компонента (созданного или контролируемого с помощью био- и когнотехнологий) будет возрастать. Невозможно не вспомнить слова классика русского космизма Константина Эдуардовича Циолковско-

го: «Чем далее подвигается человек по пути прогресса, тем более естественное заменяется искусственными»[38].

Можно сказать, что возобновится биологическая эволюция человека. В ближайшем будущем биологические изменения человека, вероятно, будут реализованы уже на новом уровне, с помощью прямого вмешательства в генетический код и в процессы жизнедеятельности человека[39]. Здесь можно выделить два ключевых направления: перестройка тела человека и перестройка его разума. Конечно, механизмы перестройки во многом будут схожими – расшифровка генетического кода, клеточные технологии, моделирование биохимических процессов, вживление электронных устройств, использование наномедицинских роботов и т.д.

Вопрос о границах «человечности» вполне может стать в будущем одним из основных политических вопросов. В то же время, надо отчетливо понимать, что улучшение разума человека (его работы) возможно уже сегодня в рамках подхода, называемого «приращение разума» (*intelligence augmentation*). Сюда входят: использование инструментов для поиска, обработки и структурирования информации, системы личной производительности, поисковые системы и другие онлайновые инструменты, ноотропные средства и носимые электронные устройства.

Но какими бы ни были удивительными или даже шокирующими обсуждаемые вероятные последствия NBIC-конвергенции, этот процесс уже идет и вопросом научной смелости и честности является не отстранение от проблемы, а ее беспристрастный глубокий анализ.

Заключение

Как было показано, в настоящее время развитие науки и техники определяется ускоряющимся прогрессом в таких областях, как информационные технологии, биотехнологии, нанотехнологии и когнитивная наука. Эти технологии не развиваются в изоляции, а активно влияют друг на друга. Подобное явление взаимоусиления технологий получило название NBIC-конвергенции. Благодаря NBIC-конвергенции появляется возможность качественного роста возможностей человека за счет его технологической перестройки.

Развитие NBIC-технологий сильно меняет наши представления о мире, в том числе – о природе базовых понятий, таких, как жизнь, человек, разум, природа. Сложно описать результат подобных трансформаций, где изменению подвержены все аспекты жизни человека. Но можно ожидать, что изменения станут все более стремительными. Природа будет превращена в непосредственную производительную силу, ресурсы, доступные человеку, станут практически неограниченными. Большая часть людей примет изменения и улучшит себя с помощью NBIC-технологий, возможно – с заменой частей тела на искусственные и прямым вмешательством в генетический аппарат и обмен веществ. Трансформируется и разум человека, включая этические системы. Встанет вопрос о границах человечности, т.е. об определении перехода к постчеловеку. Постчеловеческий разум и искусственный интеллект выйдут на уровень сверхразума, качественно превосходящего уровень человека.

При этом подобные прогнозы жестко основаны на возможностях технологий, начиная от сегодняшних исследовательских проектов и заканчивая ожидаемые результатами принимаемых сейчас долгосрочных научных стратегий. При всей своей революционности, NBIC-конвергенция и ее последствия заслуживают и требуют внимательного и непредвзятого научного анализа.

Примечания

[1] См.: *Roco M., Bainbridge W.* (eds). Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science. Arlington, 2004.

[2] Авторы исследования (*Borner K. et al.* Mapping the Structure and Evolution of Science. Knowledge in Service to Health: Leveraging Knowledge for Modern Science Management. http://grants.nih.gov/grants/km/oerrm/oer_km_events/borner.pdf) взяли за основу материалы нескольких тысяч научных журналов (черные точки на схеме), где исследовалось более чем миллион статей, сгруппировали близкие по тематике журналы с помощью кластерного анализа, базируясь на частоте взаимного цитирования (связи между близкими журналами – это серые линии на схеме). Таким образом, на одной схеме была отражена вся целостная картина современной науки.

[3] *Twyman R. Principles of Proteomics.* NY: BIOS Scientific Publishers. M., 2004.

[4] *Choi B., Zocchi G.* Mimicking cAMP-Dependent Allosteric Control of Protein Kinase A through Mechanical Tension. Journal of the

American Chemical Society. 2006. 128(26). http://pubs3.acs.org/acs/journals/doilookup?in_doi=10.1021/ja060903d

[5]Наиболее совершенной программой для такого моделирования является *Nanoengineer*, созданная компанией Nanorex при участии Э. Дрекслера. Программа бесплатна и доступна на сайте www.nanorex.com.

[6] *Pevzner P.* Computational Molecular Biology: An Algorithmic Approach. Cambridge, 2000.

[7] Jonoska N., Karl S.A., Saito M. 1999. Three Dimensional DNA Structures in Computing. *Biosystems* 52(1): 143 – 153.

[8] *Letters N., Macdonald J. et al.* Medium Scale Integration of Molecular Logic Gates in an Automaton // Nano Letters 6 (11). 2006. http://pubs.acs.org/cgi-bin/abstract.cgi/nalefd/2006/6/i11/abs/nl0620684.html

[9] *Markram H.* The Blue Brain Project // Nature Neuroscience Review. 2006. 7 (2) P. 153 – 160.

[10] *Kurzweil R.* The Singularity Is Near // When Humans Transcend Biology. N.Y, 2005.

[11] *Hochberg L.R., Serruya M. D., Friehs G. M., Mukand J. A., Saleh M., Caplan A. H., Branner A., Chen D., Penn R.D., Donoghue J.P.* Neuronal Ensemble Control of Prosthetic Devices by a Human with Tetraplegia // Nature. 2006. P. 164 – 171. http://www.nature.com/nature/journal/v442/n7099/abs/nature04970.html

[12] *Anissimov M.* Accelerating Future. 2005. http://www.acceleratingfuture.com/michael

[13] *Wolpaw J. R. et al.* Brain–Computer Interface Technology // A Review of the First International Meeting. 2000. IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering. № 8 (2). P. 164 – 173.

[14] *Vinge V.* The Technological Singularity. Presented at VISION-21 Symposium. March. 1993. P. 30 – 31.

[15]*Horgan J.* The Final Frontier. Discover 27. № 10, oct. http://www.discover.com/issues/oct-06/cover/

[16] Ibid.

[17] *Виц Б.* Демокрит. М., 1979.

[18] Прионы – способные к размножению отдельные белки (см.: *Collinge J.* Prion Diseases of Humans and Animals: Their Causes and Molecular Basis. Neuroscience Annual Review. 2001. № 24. P. 519 – 520).

[19]*Baez J.* Subcellular Life Forms. UCR. 2005. December 21. http://math.ucr.edu/home/baez/subcellular.html

[20] *Krogh G. V., Roos J.* Organizational Epistemology. N.Y., 1995.

[21] *Young A.W., Newcombe F., de Haan E.H.F., Small M., Hay D.C.* 1998. Dissociable Deficits After Brain Injury. Face and Mind. Oxford: Oxford University Press.

[22] *Hasselmo M.E.* A Model of Prefrontal Cortical Mechanisms for Goal-directed Behavior. Journal of Cognitive Neuroscience. 2005. № 17. P. 1115 – 1129.

[23] *Шамис А.* Пути моделирования мышления. М., 2006.

[24] Bell G. and Gray J. *Digital Immortality*. Communications of the ACM. 2001. № 44 (3). P. 28 – 31.

[25] *An Android-Portrait of Philip K Dick*. 2005. Hanson Robotics. http://web.archive.org/web/20070111040532/http://www.hansonrobotics.com/project_pkd.php

[26] *Bainbridge W.* Massive Questionnaires for Personality Capture // Social Science Computer Review. 2003. № 21 (3). С. 267 – 280.

[27] *Savage-Rumbaugh S., Fields W. M., Segerdahl P., Rumbaugh D.* 2005. Culture Prefigures Cognition in Pan/Homo Bonobos. *GreatApeTrust.Com*. http://www.greatapetrust.com/research/programs/pdfs/Culture%20and%20Cognition_2_.pdf

[28] Lifeboat Foundation. 2007. NanoShield. http://lifeboat.com/ex/nano.shield

[29] *Turing A.* Computing Machinery and Intelligence // Mind. 1950. LIX(236). С. 433 – 460. http://www.abelard.org/turpap/turpap.htm

[30] *Чирков Ю.* Ожившие химеры. М., 1991.

[31] *Drexler E.K.* Nanosystems. Molecular Machinery, Manufacturing and Computation. N.Y., 1992. John Wiley & Sons Inc.

[32] Функциональная система – понятие, включающее в себя живые существа и машины разной сложности (см.: *Корчмарюк Я.И.* Переселенцы-2. К вопросу о пересадке сознания // Химия и жизнь. 1999. № 5 – 6. С. 20 – 21).

[33] Проникающие компьютерные системы (англ. *pervasive computing*) — компьютерная парадигма, основанная на идее использования множества микроскопических компьютерных устройств, распределенных в пространстве и в привычных объектах (мебель, одежда, дорожное полотно) в отличие от крупных компьютеров, локализованных в отдельном «системном блоке» или переносном устройстве.

[34] *Freitas R.* Economic Impact of the Personal Nanofactory. Nanotechnology Perceptions // A Review of Ultraprecision Engineering and Nanotechnology. 2006. № 2. May. P. 111 – 126.

[35] Наноассемблер – это прогнозируемое устройство наноразмеров, способное собирать из отдельных атомов или молекул сколь угодно сложные конструкции по вводимому в них плану. За счет параллельной работы множества таких устройств с очень большой скоростью могут создаваться объекты любых размеров (см.: Drexler E.K. 1992. Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing and Computation. NY: John Wiley & Sons Inc).

[36] Timeline for Molecular Manufacturing. 2007. Center for Responsible Nanotechnology. http://www.crnano.org/timeline.htm

[37] *Pearce D.* Wirehead Hedonism Versus Paradise Engineering. BLTC. Wireheading.com. retrieved on October 3. 2007. http://www.wireheading.com/

[38] *Циолковский К.Э.* Тяжесть исчезла (Фантастический очерк) М. – Л., 1933.

[39] *Frankel M., Chapman A.* Human Inheritable Genetic Modifications: Assessing Scientific, Ethical, Religious, and Policy Issues. AAAS. September. Washington, 2000. http://www.aaas.org/spp/sfrl/projects/germline/report.pdf