

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»

На правах рукописи



Ястреб Наталья Андреевна

КОНВЕРГЕНТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:
ЭПИСТЕМОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

09.00.01 – Онтология и теория познания

Диссертация
на соискание ученой степени
доктора философских наук

Научный консультант
доктор философских наук, профессор
Суровцев Валерий Александрович

Томск – 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Глава 1. Эпистемология технического знания как объект философского анализа.....	19
1.1. Понятие, виды, формы и уровни технического знания.....	19
1.2. Технонаучный подход к описанию технического знания	38
1.3. Эпистемические практики работы с техническим знанием: оценка истинности и обратная реконструкция	48
Глава 2. Онтологические предпосылки и эпистемологические основания нано- и биотехнологий.....	66
2.1. Американский, европейский и российский подходы к формированию программ NBIC-конвергенции: сравнительный анализ.....	66
2.2. Онтологические и эпистемологические особенности нанотехнологий: принцип единства мира в наномасштабе, неоредукционизм и конструктивизм	89
2.3. Биотехнологии как технонаучное знание	102
Глава 3. Информационные технологии и когнитивная наука в структуре NBIC-конвергенции	112
3.1. Информационные технологии и вычислительный поворот в философии.	112
3.2. Информатизация как метатехнология.....	123
3.3. Конвергентные технологии и Интернет вещей как основа четвертой промышленной революции	132
3.4. Когнитивная наука как область производства эпистемических практик...	149
3.5. Нейрокомпьютинг, моделирование мозга и нейрокомпьютерные интерфейсы	172
Глава 4. Социальные технологии: от NBIC- к NBICS-конвергенции.....	184

4.1. Социальные технологии нового поколения как эпистемические практики.....	184
4.2. Методологические основания социальной оценки и гуманитарной экспертизы технологий.....	200
Глава 5. Конвергенция науки и технологий и задачи современного образования	214
5.1. Модели взаимодействия фундаментальных и прикладных исследований в процессе научного познания	214
5.2. Конвергентная модель инновационного процесса	224
5.3. Развитие современного образования в контексте технологических инноваций	228
Заключение.....	239
Список литературы.....	244

Введение

Актуальность исследования связана с тем, что в процессе разработки и внедрения современных технологий появляются разнообразные эпистемологические новации, которые недостаточно осмыслены в рамках существующих философских подходов. Классическая философия техники фокусировалась на онтологических, антропологических и аксиологических проблемах технического, при этом эпистемологический аспект практически не выделялся. В то же время к техническим объектам на современном этапе относятся уже не только машины и механизмы, но и компьютерные программы, информационные системы, алгоритмы, для создания которых активно разрабатываются новые способы работы со знанием и информацией. Результатом этого является как появление особых познавательных ситуаций, так и формирование новых эпистемологических принципов, определяющих познавательную деятельность в технической сфере, что обуславливает необходимость применения эпистемологического подхода к анализу современных технологий.

Если во второй половине XX в. трансформация познавательных процедур была связана преимущественно с информационными технологиями и когнитивными исследованиям, то в настоящее время с новыми познавательными ситуациями сталкиваются разработчики биологических, социальных и нанотехнологий. Кроме того, указанные технологические направления демонстрируют тенденцию к сближению и взаимному усилению. Взаимодействие и взаимовлияние этих областей легло в основу программ их конвергентного развития, появившихся в начале 2000-х гг. в США, Европейском союзе, России, Канаде и ряде других стран, в связи с чем за нано-, био-, информационными, когнитивными и затем социальными технологиями закрепился общий термин «конвергентные технологии», а явление их согласованного развития получило название «NBIC-конвергенции» (N- nano, B – bio, I – info, C – cogno). Необходимо отметить, что в работе разделяются связанные, но не тождественные понятия

«конвергентные технологии», эпистемологические особенности которых и составляют предмет исследования, и «программы развития конвергентных технологий». Последние представляют собой проекты, чаще всего национальные, по стимулированию передовых технологий. Примерами таких программ служат американский проект NBIC, европейский STEKS, российская программа НБИКС-технологий и ряд других. Возникнув в начале 2000-х гг., эти программы проходили этапы активного развития и затухания, однако развитие самих ключевых современных технологических направлений происходило как в их рамках, так и за их пределами.

Именно эти области наиболее наглядно демонстрируют переосмысление роли и статуса технологий в научном познании, затрагивают подлинно философские темы свободы воли, природы человека, взаимодействия человека и мира. Ключ к осмыслению классических философских проблем в условиях современного этапа технического развития может лежать в обращении философии к рассмотрению фундаментальных вопросов сущности технического, специфики технического знания как основы преобразующей деятельности человека в отношении окружающей среды и самого себя, логики развития технического знания и особенностей его современного этапа.

В то же время в отечественной литературе эпистемологическим проблемам техники практически не уделяется внимания. Большинство авторов философских работ, посвященных исследованиям техники в целом и проблематике конвергентных технологий в частности, фокусируются на вопросах этического, социокультурного, ценностного характера, а эпистемология техники как направление практически не представлена. Немногие имеющиеся работы по этой проблематике посвящены рассмотрению классической техники и технологии. В связи с этим актуальность работы состоит также в том, что в ней вводится круг авторов-эпистемологов, анализирующих особенности современного технического знания.

Программы развития конвергентных технологий наглядно показывают, что развитие современных технологий не сводится к созданию новых гаджетов или

компьютерных программ. Оно затрагивает онтологические и эпистемологические основания производства, функционирования и взаимодействия искусственных объектов. В техническом познании фокус эпистемологии смещается с форм теоретического знания в сторону конструируемых объектов. Её объектами становятся «вещь как знание», «эпистемическая вещь», артефакты, модели и симуляции, экспериментальные системы и т.д. Конструирование при этом рассматривается как самостоятельный метод получения знания, цель которого состоит не только в получении практического результата, но и в знании как таковом. Эти аспекты определяют актуальность эпистемологического анализа феномена NBIC-конвергенции, поскольку именно трансформация структуры и методов познавательной деятельности определяет в конечном итоге социальные и ценностные преобразования, вызываемые научно-техническим развитием.

Проблема исследования

Проблематика исследования связана с тем, что существующие подходы к описанию эпистемических ситуаций, возникающих в области производства и функционирования технических объектов, не соответствуют современному этапу развития техники и технологии. Техническое знание в области конвергентных технологий является не только знанием о материальных объектах и способах работы с ними, но и знанием о знании, то есть само знание становится объектом технического исследования. Возникающие в области конвергентных технологий новые познавательные ситуации и способы работы со знанием требуют изменения эпистемических установок в сторону расширенного понимания технических объектов и сути технического знания и познания. В связи с этим для описания и философского осмысления новых технологий необходимо выявление эпистемологических принципов, определяющих познавательную деятельность в этой сфере.

Степень разработанности проблемы

Термин «техника» восходит к греческому «техне», отсылая в широком смысле к навыкам и умениям практического характера. В узком смысле, начиная с Аристотеля, «техника» подразумевает практическую способность производить,

создавать или выражать что-либо. Современное общенаучное и философское представление о техническом определено рациональностью цели и средства, оформившейся в Новое время: «техника» есть средство достижения целей человеческой деятельности, а также результат этой деятельности.

В философии техники, истоки которой мы находим в античности, можно условно выделить две традиции. Первый подход, укорененный в работах Демокрита, Платона и Аристотеля, предполагает рассмотрение сущности техники как таковой и феномена технического в целом. Это, прежде всего, традиции онтологии и эпистемологии техники, аналитической философии техники, которые рассматриваются как основания для ее аксиологического или социокультурного анализа. Вторая традиция, широко представленная в континентальной философии (Г. Маркузе, Х. Ортега-и-Гассет, Л. Мэмфорд), откликается на определенный социальный запрос, связанный с необходимостью осмысления современной техники и технологии, в особенности их влияния на человека, ценности, общество, культуру, мировоззрение и т.д. Совершенно очевидно, что обе эти традиции имеют сильные стороны, интеграция которых может помочь нам глубже понять не только вторую природу как мир, созданный человеком, но и самих себя. Вне онтологии и эпистемологии осмысление техники теряет философскую основательность и может выглядеть поверхностным, но в то же время современный философ техники не может позволить себе замкнуться в «башне из слоновой кости» и не обращать внимания на радикальные изменения в технической среде, затрагивающие подлинно философские проблемы.

Теоретической основой исследования является определение технического знания, которое было сформулировано на основе анализа работ К. Митчема, Г. Рополя, Б.И. Иванова, В.В. Чешева, В.Г. Горохова, а также функционального подхода к определению техники К. Ваесена. В описании структуры технического знания базовыми для данного исследования стали три таксономии, построенные У. Винсенти, М. Врисом и Г. Рополем, а также анализ предписаний, описаний и абстрактных схем в техническом знании, осуществленный В.В. Чешевым в работе

«Техническое знание»¹. Кроме того, предложенная в работе концепция описания видов и уровней технического знания основана на подходах, которые в разное время разрабатывали С. Карпентер, Д. Хершбах, а также на теории неявного знания М. Полани.

Для описания структуры и специфики технического знания в области конвергентных технологий в работе выбран технаучный подход. Исследования технаучи начинаются во второй половине XX в. В рамках постпозитивизма К. Поппера, Т. Куна, И. Лакатоса, М. Полани в философское понимание науки было включено историческое и культурное измерение. В дальнейшем в связи с развитием социологических исследований науки технаука начинает исследоваться в рамках STS – исследований науки и технологии, SSK – социологии научного знания, а позже – lab studies (социологии лаборатории) Д. Блуром, Б. Латуром, Э. Пикерингом, М. Калоном, С. Фулером.

В работах философов техники, таких как Г. Дрейфус, Д. Айди, Л. Винер, А. Боргман, А. Финберг, в 1980-е гг. происходит поворот к пониманию технологии как всей материальной культуры, единства теоретического и прикладного знания. Д. Айди, рассматривая технологию как практику, опосредующую теоретическую активность («эпистемологический двигатель»), указывает на включенность технических объектов в познавательные практики. Данный подход в сочетании с разработанной Л.А. Микешинной концепцией когнитивных практик был использован в диссертации для введения и обоснования понятия «эпистемической практики».

Технаучные исследования в отечественной философии представлены работами О.Е. Столяровой, В.С. Вахштайна, А.Л. Андреева, В.Г. Горохова, И.В. Черниковой. Особо необходимо отметить сборники «Онтологии артефактов. Взаимодействие "естественных" и "искусственных" компонентов жизненного

¹ Чешев В.В. Техническое знание: монография / В.В. Чешев. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2006. – 267 с.

мира» под ред. О.Е. Столяровой¹, в котором рассмотрены не только онтологические, но и эпистемологические аспекты существования различных созданных человеком объектов, в том числе и искусственных организмов; а также «Социология вещей» под ред. В.С. Вахштайна², аккумулировавший значимые идеи, подтверждающие эпистемологическую активность искусственных объектов.

Основные мировые программы конвергентных технологий представлены следующими проектами: *NBIC-конвергенции*, впервые обнародованном в отчете М. Роко и В. Бейнбриджа «Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science»; *Converging Technologies for the European Knowledge Society (CTEKS)*, разработанным в Европейском союзе исследовательской группой под руководством А. Нордманна; *НБИКС-конвергенции*, реализуемым в НИЦ «Курчатовский институт» под руководством М.В. Ковальчука.

Наиболее значимым в плане определения терминологии и содержания конвергенции представляется подход В.И. Аршинова, который показал, что ее суть состоит не в «схождении» как простом сближении, а во взаимном усилении и взаимоопределении технологических проектов, которые, начиная с определенного момента, начинают развиваться согласованно. Гуманитарные аспекты конвергентных технологий, в том числе в связи с их трансгуманистической направленностью, представлены в работах Д.И. Дубровского, А.Ю. Нестерова, О.Е. Баксанского, М.В. Ковальчука, Н.З. Алиевой, Г.Н. Оботуровой,

¹ Онтологии артефактов. Взаимодействие «естественных» и «искусственных» компонентов жизненного мира / под ред. О.Е. Столяровой. – М.: Издательский дом «Дело», 2012. – 309 с.

² Социология вещей. Сборник статей / под ред. В.С. Вахштайна. – М.: Издательский дом «Территория будущего», 2006. – 392 с.

И.А. Асеевой, П.Н. Барышникова, Е.А. Никитиной¹. Анализ проблемы природы человека в свете NBIC-технологий, феномена расширения человеческих возможностей, а также рисков, связанных с этими процессами, дан в работах Д.И. Дубровского, Б.Г. Юдина, Т.Г. Лешкевич, И.В. Черниковой и Д.В. Черниковой².

Философское осмысление нанотехнологий в отечественной литературе осуществляется в работах В.Г. Горохова. Онтологические и эпистемологические принципы их функционирования, в частности активизм и неоредукционизм, выявили В.И. Аршинов и М.В. Лебедев в совместной работе. В настоящее время В.И. Аршиновым проводятся комплексные исследования конвергентных технологий с позиции парадигмы сложности³.

Критический анализ программ конвергентных технологий, связанных с ними рисков, гуманитарных и социальных изменений осуществляют В.А. Лекторский, Д.В. Ефременко, Б.Г. Юдин. Наиболее существенные критические возражения связаны с трансгуманистической направленностью конвергентных исследований, в частности проекта М. Роко и В. Бейнбриджа. М. Робитай, отмечая некоторую утопичность и фантастичность заявленных в нем трансформаций человека, указывает на то, что, тем не менее, такие проекты являются самосбывающимися, в связи с чем их социально-гуманитарная экспертиза является необходимой.

¹ Глобальное будущее 2045. Конвергентные технологии (НБИКС) и трансгуманистическая эволюция / под ред. проф. Д.И. Дубровского. – М.: ООО «Издательство МБА», 2013. – 272 с.

² Черникова Д.В., Черникова И.В. Проблема природы человека в свете NBIC-технологий // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – № 6. – С. 88–93.

³ Аршинов В.И. Конвергентные технологии в контексте парадигмы сложности // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – №3. – С. 42–54.

Исследования рисков конвергентных технологий опираются на подходы к пониманию рисков, сформированные Н. Луманом и У. Бекон. В немецкой философской литературе исследования рисков осуществляются в рамках принципа предосторожности Х. Йонасом, М. Деккером, Р. фон Шомбергом, Х.Ф. Кругом, а также Х-Г. Дедерером, который выступает против рассмотрения принципа предосторожности как моратория на любые потенциально опасные технические новации. В отечественной литературе Д.В. Ефременко, В.Н. Гиряева и Я.В. Лисеева рассматривают риски конвергентных технологий как основание для реинтерпретации общества знания, связанное с установкой на саморефлексию и самоуправление науки и общества.

Анализ вызовов, создаваемых современными технологиями и происходящей индустриальной революцией для современного образования, представлен в ряде форсайт-проектов, которые объединяет, как замечают В.С. Ефимов и А.В. Лаптева, установка на «шок от будущего». Форсайты «Детство 2030» (С.В. Попов), «Образование 2030» (Д.Н. Песков, П.О. Лукша,), «Нейронет» (А.А. Иващенко), «Форсайт высшей школы России – 2030» (В.С. Ефимов и А.В. Лаптева) показывают, что новая индустриализация и когнитивизация общества требуют включения человека в познавательную активность не только в ходе получения образования или решения нестандартных задач, но и практически в любой деятельности, что позволяет нам говорить о потенциальной эффективности применения концепции эпистемических практик к определению целей, методов и смысла современного образования.

Объект и предмет исследования

Объектом исследования являются эпистемические (познавательные) практики в области конвергентных технологий.

Исследуемым *предметом* выступают эпистемологические принципы, лежащие в основании познавательных ситуаций в области современных технологий и существенно изменившиеся по сравнению с традиционными технологиями. В рамках философии техники как общей дисциплины исследования феномена технического анализируются онтологические,

антропологические, экзистенциальные, ценностные и другие аспекты техники. Гносеологические проблемы, в частности познавательные процедуры в технической деятельности, понятие и структура технического знания, также рассматривались в философии техники XX в., однако они были связаны с классическими техническими объектами. В данной работе в центре внимания находятся современные технические объекты, а также специфика того знания, которое связано с этими объектами, и изменившиеся по сравнению с предыдущими этапами развития технического познания эпистемические процедуры, имеющие место в сфере современных технологий.

Цель данного исследования – эпистемологический анализ конвергентных технологий как совокупности эпистемических практик, т.е. методов и приемов работы с техническими объектами, в качестве которых в данном случае понимаются как сами объекты, так и знание о них.

Достижение поставленной цели предполагает решение следующих задач.

1. Выявить эпистемологическую специфику современного технического знания в сравнении с традиционными подходами к пониманию техники и технологии.

2. Рассмотреть и описать эпистемические практики, используемые в сфере конвергентных технологий.

3. Эксплицировать и описать эпистемологические принципы, лежащие в основе познавательной деятельности в области конвергентных технологий.

4. Показать эпистемологические особенности социальных технологий нового поколения, появившихся, в отличие от традиционных социальных технологий, в результате конвергенции социальных исследований и информационных технологий.

5. Выявить характерные для конвергентных технологий способы взаимодействия фундаментальных и прикладных исследований и сформировать на их основе модель инновационного процесса, описывающую развитие знания в анализируемой области.

Методологическая основа исследования

В соответствии с перечнем сформулированных задач в работе используются следующие *методы*.

1. *Компаративный анализ* применяется для исследования классического и современного технического знания, а также для рассмотрения целей, концептуальных оснований и мировоззренческих ориентаций различных программ развития конвергентных технологий.

2. *Системно-структурный метод* позволяет рассматривать сферу конвергентных технологий как развивающуюся во времени область, основными элементами которой являются передовые технологии, объединенные функциональными, инструментальными и теоретическими связями, являющуюся, в свою очередь, подсистемой научно-технической сферы и общества в целом.

3. *Экстраполяция* методов, подходов и понятий одной области на другую применяется для выявления конвергентных процессов, обуславливающих взаимодействие и взаимное усиление отдельных технологических направлений.

4. *Метод аналогии* используется при выявлении эпистемологических особенностей, схожих с информационными технологиями, в тех областях, которые в своей основе опираются на информационный подход (технологии синтетической биологии, социальной аналитики, социальных вычислений и т.д.).

Новизна научных результатов и положения, выносимые на защиту

Доказано, что исследования эпистемических практик как методов и приемов работы с техническими объектами, результатом применения которых является повышение эффективности технического знания, реализованного в этих объектах, обладают высоким уровнем новизны как для современной эпистемологии, так и для философии техники. Впервые описаны как универсальные для технического познания практики циклической верификации и обратного конструирования, так и практики, специфичные для каждого входящего в состав NBIC-конвергенции направления. Показана возможность применения концепции эпистемических практик для определения содержания и методов современного образования. Дан анализ структуры взаимосвязи

фундаментальных и прикладных исследований в области конвергентных технологий, разработана конвергентная модель научно-инновационного процесса.

1. На основании исследования доказывається, что техническое знание — это знание, которое позволяет получать запланированный результат, основываясь на естественности причинно-следственных связей.

2. Выявлены и описаны эпистемические практики, то есть способы работы с техническими объектами, направленные на повышение эффективности реализованного в них знания. В области информационных технологий такими практиками являются методы сортировки и интеллектуального анализа, кластеризация, графическая интерпретация; в биотехнологиях — методы рекомбинантной ДНК; в когнитивных технологиях — представление знаний, обучение искусственных нейронных сетей, методы нейроинформатики, предназначенные для анализа массивов данных об активности нервной системы; в социальных технологиях — социальные графы, алгоритмы оценки социальной активности и конструирования метаданных. Показано, что наиболее универсальной для конвергентных технологий является практика обратного конструирования, то есть исследования технического объекта с целью выявления знаний, заключенных в нем, при помощи анализа системных элементов и их взаимосвязей, определения концептов, базовых идей, на которых основана система, а также ее описания на более высоком уровне абстракции.

3. Эксплицированы эпистемологические принципы, лежащие в основе направлений, входящих в состав конвергентных технологий, а именно принципы *активизма*, согласно которому природа несовершенна, а следовательно, любые природные объекты могут быть улучшены; *человекомерности*, то есть методологической ориентации технических исследований на человека как основной объект, образец и цель познания; *единства и неразделимости фундаментальных и прикладных исследований* в области конвергентных технологий; *неоредукционизма*, как понимания возможности реконструирования сложных структур из простых элементов; *экстраполяции информационного подхода* на биологические, социальные и иные системы.

4. Доказано, что социальные технологии нового поколения, а именно новые медиа, социальные сети, социальные вычисления, социальная аналитика, распределенные машинные вычисления при помощи человека, технологии коллективного интеллекта и другие средства, основанные на использовании сервисов Web 2.0, являются конвергенцией традиционных социальных и новых информационных технологий, основной задачей которой является переработка статистической социальной информации в значимое и практически полезное знание о социальных явлениях и процессах, а само общество при таком подходе предстает как массив данных, полученных множеством акторов, объединенных сетевым взаимодействием.

5. Обосновано утверждение о том, что трансформации взаимодействия фундаментальных и прикладных исследований в области конвергентных технологий позволяют говорить о формировании новой модели научно-инновационной деятельности, отличной от линейной, интерактивной, интегрированной и других описанных в литературе. На основе полученных результатов предложена новая, конвергентная модель инноваций, в которой на основе фундаментальных когнитивных исследований реализуются классические и неклассические прикладные проекты в области нано- и биотехнологий, информационные технологии рассматриваются как универсальный инструмент, используемый на всех уровнях познания.

Теоретическая и практическая значимость исследования

Результаты диссертации могут быть использованы в качестве теоретической и методологической базы для исследований специалистов, научных работников, культурологов и философов, изучающих проблемы эпистемологии и философии техники, социально-гуманитарной экспертизы технологий, разработки этических и социальных аспектов современных технологических проектов. Предложенный в исследовании подход может быть применен к анализу познавательных ситуаций и эпистемологических принципов в современных междисциплинарных технаучных областях.

Исследовательские материалы, представленные в диссертации, могут быть использованы в практике преподавания учебных курсов для бакалавров, магистров и аспирантов философских, технических и педагогических направлений подготовки и специальностей. В Вологодском государственном университете результаты, полученные в диссертации, были внедрены в учебные курсы «Основы искусственного интеллекта» для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки «Информатика»; «История и философия науки» для магистрантов отделения прикладной математики; «Современные проблемы науки и образования» для магистрантов педагогических направлений, а также в программу специальной дисциплины «Философия науки и техники» для аспирантов. Полученные результаты также отражены в Основных профессиональных образовательных программах высшего образования для аспирантуры по направлению 47.06.01 – Философия, этика и религиоведение.

Степень достоверности результатов исследования

Достоверность полученных в диссертационном исследовании результатов определяется репрезентативностью и верифицируемостью используемых данных (цитируемых источников), корректным применением общенаучных и философских методов, релевантностью используемых методологических подходов (инструментарий эпистемологии и аналитической философии техники, технаучного подхода к пониманию технического знания, концепции когнитивных практик, демонстрирующей возможность описания в рамках теории познания эпистемически разнородных процессов и явлений). Выбор перечисленных методов обусловлен целями, задачами, а также предметом исследования, в качестве которого выступает проблема выявления эпистемологических принципов, лежащих в основе познавательных установок исследователей, работающих в области конвергентных технологий.

Апробация работы

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 3 монографиях, 15 статьях в журналах из Перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть представлены основные

научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора наук, и 17 статьях в прочих изданиях.

Основные положения диссертации обсуждались на кафедрах истории философии и логики философского факультета Томского государственного университета, кафедре философии Вологодского государственного университета, а также на заседаниях Вологодского отделения Научного совета по методологии искусственного интеллекта РАН.

По теме работы были прочитаны публичные лекции в Вологодском государственном университете (10 октября 2014 г.), Вологодском многопрофильном лицее (17 марта 2015 г.), Вологодском институте развития образования (26 августа 2016 г.). Результаты диссертации были представлены в научных докладах на международных и всероссийских конференциях: Первой и Второй всероссийской конференции молодых ученых «Человек в технической среде: конвергентные технологии, глобальные сети, Интернет вещей» (г. Вологда, ВоГУ, 2014, 2015 гг.); Международной научной конференции «Современная аналитическая философия» (г. Томск, Национальный исследовательский Томский государственный университет, октябрь 2015 г.); Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Искусственный интеллект: философия, методология, инновации» (г. Москва, МИРЭА, 2009–2015 гг. – ежегодно); Уральском аналитическом конвенте «uAnalinyCon-2015: объекты и структуры» (г. Екатеринбург, УрФУ, апрель 2015 г.); Международной научно-технической конференции «Перспективные информационные технологии» (г. Самара, СГАУ, 2012–2016 гг. – ежегодно).

Исследовательская работа, результаты которой представлены в диссертации, в разные годы была поддержана ведущими российскими научными фондами: грант РГНФ, проект № 12-03-00435 «Конвергенция технологий как парадигма современного технического знания» (2012–2014 гг.); грант Президента РФ, проект № МК-1739.2014.6 «Человек в технической среде: конвергентные технологии, глобальные сети, Интернет вещей» (2014–2015 гг.); грант РФФИ,

проект 15-07-01322 «Открытая информационная система "История философских идей"» (2015–2017 гг.).

Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав (шестнадцати параграфов), заключения и списка литературы, содержащего 327 источников.

Глава 1. Эпистемология технического знания как объект философского анализа

1.1. Понятие, виды, формы и уровни технического знания

Основные традиции в философии техники формировались как ответ на вызов научно-технического развития в XIX-XX в., когда становление классического и неклассического технического знания поставило перед философией проблемы взаимодействия человека, общества, природы и техники. В ответ на этот актуальный запрос разрабатывались методологические основы, категориальный аппарат философских исследований техники, определился круг ее проблем, и оформились основные подходы и направления. В то же время, предметная область философии техники за последние два десятилетия радикально изменилась. Современные технические объекты, в частности, создаваемые при помощи информационных или биотехнологий, отличаются онтологически и эпистемологически от объектов классической технологии – машин и механизмов. Появление таких технических объектов привело к возникновению новых познавательных ситуаций, а развитие методов и способов их создания и использования ставит вопрос об изменении эпистемологических принципов, определяющих техническое познание. В силу того, что сложившийся инструментарий философии техники имеет ограниченные возможности для анализа эпистемологических оснований радикально изменившейся технологической сферы, мы прибегаем в исследовании к примерам, на которых демонстрируем выдвигаемые положения и обосновываем формулируемые заключения, что служит дополнительным средством нашей аргументации.

Конвергенция нано-, био-, информационных и когнитивных технологий (NBIC-convergence) стала одной из наиболее заметных и обсуждаемых инноваций последнего десятилетия. Появившись как проект Американского научного фонда, NBIC-конвергенция уже к середине 2000-х гг. стала международным исследовательским направлением, нашедшим свое отражение в

исследовательских программах Европейского союза, Канады, Японии, Китая, России и других государств. Концепция конвергентного развития технологий может быть рассмотрена как еще один вариант ответа на классический для философии науки вопрос о преимуществах и недостатках дисциплинарного разделения знания. Начиная с Аристотеля, европейская философия и наука проявляют две тенденции: дифференциации, т.е. разделения на предметные и проблемные области, и интеграции как стремления к комплексному рассмотрению объектов и проблем. Конвергенция, понимаемая не только как сближение, схождение, но и как взаимное усиление, ускорение развития, обусловленное системным взаимодействием направлений, была объявлена условием перехода к новому технологическому укладу.

Техническое знание, сопровождая человека на всех этапах его эволюции, непрерывно развивалось и усложнялось. Формами его воплощения служили в разное время как различного рода рецепты, правила, алгоритмы, инструкции, так и сами орудия, артефакты, в которых реализовывались обыденные знания, физические и математические представления, эстетические предпочтения и социальные отношения создававших их людей. Такое разнообразие является основной причиной сложности определения терминов «техника», «технология» и «техническое знание». В то же время эпистемологический анализ конвергентных технологий невозможен без прояснения сущности самого термина «технология», а описание специфики современного этапа технического развития – без выявления трансформации соотношения техники и технологии. Для решения этой задачи необходимо учитывать онтологические и эпистемологические особенности существования различных технических объектов и историко-социальные аспекты их производства и использования.

Значения всех указанных терминов восходят к античному «технэ», толкование которого задает основные подходы к их философскому осмыслению. Термин «техне» в узком смысле применялся для обозначения искусства или мастерства плотника или строителя, а в общем плане выступал как «искусство во

всякого рода производстве»¹. С другой стороны, понятие «техне» отражало также некоторую способность, связанную с обладанием специальным знанием и «в этом отношении приближалось к теоретическому знанию, эпистеме»². Наконец, материальный аспект «техне» связывался с тем, что результатом этой деятельности становятся объекты (артефакты), служащие достижению какой-либо цели. Таким образом, в античности появляются четыре значения термина «техника», а именно техника как артефакт, искусство, деятельность по созданию искусственных объектов и особый вид знания.

Систематизированный философский анализ технического начинается в XIX в., преимущественно в Германии, где и возникает философия техники как самостоятельное направление. Техника на этом этапе начинает толковаться как «практические правила и методы, используемые для достижения того или иного результата»³, что в целом соответствует современному значению термина «технология» в русском языке. Одновременно «техника» начинает все больше ассоциироваться с промышленным производством и формируются два значения этого слова, используемые параллельно друг другу: более узкое связано с тем или иным аспектом промышленности, а более широкое трактуется как «правила, процедуры и навыки для достижения любой цели»⁴.

Возникновение термина «технология» связывают с названием одноименной учебной дисциплины, разработанной немецким инженером И. Бехманом в

¹ Шадевальд В. Понятия «природа» и «техника» у греков // Философия техники в ФРГ: Сб. ст. / Сост. и предисл. Ц.Г. Арзаняна, В.Г. Горохова. – М.: Прогресс, 1989. – С. 97.

² Там же. – С. 98.

³ Mitcham C., Schatzberg E. Defining technology and the engineering sciences // Philosophy of Technology and Engineering Sciences. Ed. by A. Meijers (Handbook of the Philosophy of Science, Vol. 9). – Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V., 2009. – P. 38.

⁴ Ibid. – P. 38.

XVIII в. Введение этого термина в философский дискурс происходит в рамках философии техники сначала у А. Эспинаса в XIX в., затем появляется в американском варианте названия лекции М. Хайдеггера «Вопрос о технике» – «The Question Concerning Technology». К настоящему времени оформился ряд подходов к пониманию термина «технология» и выделились его основные значения, для определения которых часто используют сопоставление с термином «техника».

Для выявления значения термина «технология» в каждом случае его употребления нужно учитывать ряд факторов. В контексте его разграничения с термином «техника» необходимо различать их смысловую нагруженность в разных языках и исторических эпохах. Так, английское «technology» обозначает в широком смысле исследования техники, представляет собой «синоним дискурса о практических, материальных искусствах»¹, а «technique» употребляется для обозначения процессов и методов деятельности, например техника работы с музыкальным инструментом. В большинстве остальных европейских языков, в том числе русском, «техника», наоборот, является основным понятием, а «технология» возникает как дополнительный термин для обозначения процедурной составляющей техники и подразумевает некий способ деятельности, позволяющий достичь определенного результата. Примечательно, что на английский язык после Второй мировой войны оба термина переводят как «технология». В отдельных случаях, для того чтобы сделать акцент на материальной стороне техники, используется термин «артефакт». Таким образом, в настоящее время «вариации англоязычного дискурса технологии происходят из

¹ Горохов В.Г. Понятие «технология» в философии техники и особенности социально-гуманитарных технологий // Эпистемология и философия науки. – 2011. – № 2. – С. 111.

европейского дискурса техники и, будучи переведенными на другие языки, способствуют размыванию различия между техникой и технологией»¹.

Другой аспект связан с эволюцией техники. Можно ли, например, ремесленное и механистическое искусство считать технологиями в современном контексте употребления этого слова? Деятельностная природа технологии требует рассмотрения вопроса о соотношении инженерной деятельности и научного исследования в области технологии. Здесь также накладывается слой языковых различий, поскольку в английском языке используется как термин «technological sciences», так и «engineering science», а в русском – «технические науки».

С точки зрения В.Г. Горохова, терминологической определенности можно достичь, если признать, что, несмотря на то что техника имеет предметную и процедурную стороны, она представляет собой в первую очередь совокупность артефактов. В этом случае технология понимается как «совокупность различных видов технической (в том числе инженерной) деятельности, т.е. организация технической работы»².

Различие между терминами «техника» и «технология» также может быть проведено с учетом научной составляющей технического знания. Так, Г. Рополь предлагает считать, что термин «техника» описывает практики конструирования (например, техника пайки) и результаты инженерной деятельности (устройства). Технология, в свою очередь, понимается как научное техническое знание. Следовательно, отмечает он, «знание мы можем определить как “техническое”, если оно относится к инженерной практике, и как “технологическое”, если оно относится к технической науке»³.

¹ Mitcham C., Schatzberg E. Defining technology and the engineering sciences. – P. 27–28.

² Горохов В.Г. Понятие «технология» в философии техники и особенности социально-гуманитарных технологий. – С. 112.

³ Ropohl G. Knowledge Types in Technology // International Journal of Technology and Design Education. – 1997. – № 7. – P. 65.

В рамках данного исследования предлагается использование термина «техника» в значении совокупности создаваемых человеком объектов, а под «технологией» будет пониматься обобщенная форма знания о конструировании и функционировании объектов. Следовательно, основным условием для достижения терминологической ясности является определение термина «техническое знание».

Для решения этой задачи необходимо определить, в каком смысле в работе будет трактоваться сам термин «знание». В различных традициях предлагались следующие трактовки: «знание как информационная копия объекта, знание как представление, знание как утвердительное высказывание, ментальная конструкция»¹. Мы будем использовать термин «знание» в значении, принятом в когнитивных науках, где под ним понимается селективная, упорядоченная, определенным способом полученная и оформленная информация, имеющая социальное значение и «признаваемая в качестве именно знания определенными социальными субъектами и обществом в целом».

Необходимо отметить, что, как справедливо отмечает В. Хоукс, работы по эпистемологической проблематике техники при этом носят разрозненный характер, когда каждый автор излагает свое понимание, а «единая традиция философских исследований технического знания не прослеживается»². Вместе с тем развитие технологий, затронувшее не только бытовую сферу, но и познавательную деятельность человека, определяет необходимость основательного эпистемологического анализа техники и технологии.

Технологии долгое время отказывали в праве считаться самостоятельным видом знания, она рассматривалась как приложение уже имеющегося (научного)

¹ Черникова И.В Трансформация концепта «знание» в постнеклассической науке // Вестник Томского государственного университета. 2007. – № 2. – С. 71.

² Houkes W. The nature of technical knowledge // Philosophy of Technology and Engineering Sciences. Ed. by A. Meijers (Handbook of the Philosophy of Science, Vol. 9). – Amsterdam, Netherlands: Elsevier B.V., 2009. – P. 310.

знания. Во многом это связано с установкой классической науки и философии рассматривать техническое знание как прикладную форму научного, включающую в свою структуру «знание как». Только к 70–80-м гг. XX в. складывается понимание того, что «технология возникает не как порождение науки, но как автономная система знания, отличная от научного, хотя и тесно связанная с ним»¹.

Такой подход, согласно которому техническое знание отлично от научного, получил в литературе название концепции «эпистемологической эмансипации технологии»². Концепция «слабой эпистемологической эмансипации» основана на идее о том, что, хотя отличие между техническим и, к примеру, физическим знанием существует, оно не более существенно, чем отличие физического знания от химического или биологического, и целиком определяется спецификой исследуемого объекта. В случае так называемой «сильной эпистемологической эмансипации» утверждается, что техническое знание возникает и организуется особым, отличным от научного образом. Эпистемологически сильный вариант представляется более перспективным, так как он позволяет проблематизировать техническое знание и сфокусироваться на его особенностях.

Так, Г. Рополь выделяет пять специфических характеристик технического знания, отличающих его от естественнонаучного. Цель естественных наук состоит в получении знания ради него самого, в то время как техническое познание осуществляется для получения пользы, например оптимизации функционирования или улучшения структурной организации технической системы. Объектами естественных наук являются природные явления и процессы, даже если при этом используются инструменты и исследование осуществляется в лабораторных условиях. Техническое исследование, в свою очередь, направлено

¹ Vincenti W.G. What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History (Johns Hopkins Studies in the History of Technology). London: The Johns Hopkins University Press, 1993. – P. 1 – 2.

² Houkes W. The nature of technical knowledge. – P. 310.

на природные объекты только в той мере, в которой это необходимо для решения практических задач; при этом оно изначально междисциплинарно и погружено в социо-технический контекст, обусловленный практикой использования получаемого знания.

Основоположники англо-американской традиции в философии техники Е. Холмард и А. Хелл определяют технологию как то, что приводит «к тому, что вещи возникают или исчезают», или «что производит или уничтожает вещи»¹. При таком подходе технология отождествляется с техникой и рассматривается как «систематизированное знание о производстве вещей»². Такое классическое понимание данной проблемы основывается на разделении природы научного и технического знания, предполагающем, что «наука базируется на понимании – идеях и концептах, представленных в лингвистических и математических терминах, технология ищет способы разработки и создания вещей»³. Подобное разделение в настоящее время корректируется, поскольку, с одной стороны, наука не ограничивается вербальным, понятийным знанием, а с другой стороны, техника сама может рассматриваться как форма реализации и воплощения знания.

Таким образом, наиболее часто техническое знание определяют формулой «знание как», или «знание-как сделать что-либо», противопоставляя его «знанию что». При этом, если главной характеристикой «знания что» является его истинность или ложность, то основным признаком технического знания является его эффективность. Однако, схватывая смысл технического знания, который, очевидно, связан с обеспечением возможности успешного практического

¹ Singer C., Holmyard E. J., Hall A. R. A History of Technology, Vol. 1: From Early Times to Fall of Ancient Empires. – Oxford: Clarendon Press. 1954. – P. 7.

² Edwin T., Layton J. Technology as Knowledge // Technology & Culture. – 1974. – № 1. – P. 31.

³ Hindle B. Technology in Early America: Needs and Opportunities for Study, Chapel Hill: Published for the Institute of Early American History and Culture by the University of North Carolina Press, 1966. – P. 4–5.

действия, формула «знание как» оставляет за скобками суть и структуру самого знания и не раскрывает его содержательных особенностей. Дополнительную сложность создает неоднородность самого технического знания, включающего как навыки осуществления различных операций, так и формализованные технические теории.

Описание структуры технического знания может быть сделано через выявление его видов и форм, т.е. устойчивых единиц организации знания, и уровней, подразумевающих выявление качественных различий в сложности организации форм знания и их классификацию по этому признаку. При описании видов и форм технического знания необходимо исходить из наличия в нем явных и неявных, дескриптивных и нормативных, а также социогуманитарных и социокультурных компонентов.

В обеспечении технической деятельности неявное знание играет значительную роль и в целом может быть рассмотрено как условие ее возможности. Если следовать идеям критикуемой с конца XX в., но все же сохраняющей свое влияние трудовой теории происхождения человека, то можно предположить, что невербализуемое знание было одним из первых видов знания, которое древние люди могли передавать друг другу в совместной деятельности посредством невербального научения. Навыки и приемы заточки орудий, охоты на животных и разделывания туш, а также строительства первобытных сооружений и добычи огня были тем, что помогало человеку выживать и развиваться в доязыковую эпоху.

Неявное знание, описанное М. Полани, включает индивидуальный опыт, навыки, схемы восприятия, модели деятельности, личностные установки специалиста, которые либо невербализуемы в принципе, либо сложно поддаются описанию в языке. В современном понимании к неявному техническому знанию относят навыки конструирования, работы с инструментом, решения задач, приемы отладки и т.д. Применительно к техническому знанию неявный компонент играет огромное значение, поскольку любые теоретические объекты или модели не имеют гарантии реализуемости и работоспособности в реальной

практике. Одной из причин этого является редукция, неизбежная в процессе расчета системы. В таких случаях личный опыт «работы в цеху», владение набором процедур работы с технологиями позволяют реализовывать поставленные задачи. Как и предписывающее, неявное знание является процедурным, но, в отличие от первого, носит субъективный характер и чаще всего не может быть передано в письменной или устной форме. Его трансляция осуществляется в совместной деятельности, и в этом случае она ограничена.

Многие технические знания в строгом смысле не являются научными, т.е. они не подкреплены в достаточной степени соответствующими законами, носят индуктивный, а иногда и интуитивный характер. С развитием технических наук неявное знание не утратило своего значения, отмечает Полани, и «даже в условиях современной индустрии до сих пор остается важнейшей частью многих технологий»¹. В частности, это определяет значимость в технической деятельности экспертного мнения, которое во многих случаях нельзя заменить вычислительными моделями или данными о величинах измеряемых параметров. Спецификация неявных знаний представляет собой трудоемкую задачу и зачастую требует продолжительного исследования, поэтому обоснование такого технического знания чаще основывается на его эффективности и безопасности, чем на теоретических моделях.

Критика неявного знания как субъективного, недостаточно обоснованного, достигла своего пика в эпоху увлечения автоматизацией производства, когда была сформулирована идея о том, что высокотехнологические отрасли, такие как самолетостроение, информационные технологии, не должны зависеть от конкретных работников и их личного опыта. В то же время такой подход применим только к детально проработанным и формализованным процессам. Введение новых технологий, их апробация и настройка требуют творческого

¹ Полани М. Личностное знание / М. Полани. – М.: Прогресс, 1985. – С. 86.

участия человека, в итоге «некодифицированные методы играют важную роль в промышленном производстве, в технических и технологических инновациях»¹.

Явное, вербализованное знание может иметь описательный, процедурный, нормативный, теоретический или социально-гуманитарный характер. К нему могут быть отнесены прикладные трансформации научных законов, технические теории, правила, инструкции, спецификации, описания конструкций и устройств, алгоритмы, рецепты, требования и спецификации, количественные данные и математические описания.

Дескриптивное знание представляет собой зафиксированное в вербальной форме описание фактов, техническую информацию, характеристики устройств и т.д. Такое знание часто является приложением научного, например, математического, но само по себе полностью научным не является, поскольку «его теоретические основания полностью не разработаны»². При этом часть дескриптивных знаний вполне может соответствовать критериям научности (например, абстрактные понятия, принципы, правила, идеи) и изучаться в рамках теоретических дисциплин.

Предписывающее, или нормативное, знание представляет собой обобщение опыта и содержит данные о способах и методах оптимизации, совершенствования технологий и устройств, отладки, настройки. Часто такое знание формулируется в виде «эмпирических правил», регламентирующих исследовательский аспект конструирования и применения технологий. В этом смысле предписывающее знание, хотя и не является строго научным и теоретическим, может выступать как его прототип. Основная сложность в систематизации и обосновании такого знания состоит в сложности его аппроксимации. Как правило, оно справедливо только в узкой предметной области и редко поддается обобщению за ее пределами.

¹ Herschbach D.R. Technology as Knowledge: Implication for Instruction // Journal of Technology Education. – 1995. – Vol. 7. – № 1. – P 36.

² Ibid. – P. 34.

Социально-гуманитарные компоненты технического знания связаны с целенаправленностью технической деятельности, проективным характером многих ее видов, когда субъект проявляет в результате технического творчества свои эстетические, мировоззренческие, даже моральные представления. Создаваемые и внедряемые технологии порождают новые социальные практики и становятся частью уже существующих. Транспорт изменил границы обитаемого мира, медицинские технологии трансформировали качество и продолжительность жизни; информационные технологии стали основой для множества практик от различных этикетов сетевых пространств до коллаборативных самоорганизаций научного сообщества для решения конкретных задач.

Многообразие форм технического знания и сложность его систематизации в некотором роде напоминает задачу классификации живых организмов, в связи с чем проблема описания структуры технического знания и построения его типологии получила название задачи таксономии технического знания. Наиболее известными являются модели, предложенные Г. Рополем¹, У. Винсенти² и М. Врисом³. Исходное положение, принимаемое за основу рассмотрения данной проблемы, состоит в том, что техническое знание во всем его многообразии невозможно описать универсальным определением, т.к. оно включает как рецептурные компоненты, основанные на интуитивном обобщении опыта, так и технические теории, обладающие высокой степенью абстракции.

Так, Г. Рополь указывает на то, что при построении типологии технического знания необходимо разделять «научные технические знания, не сводимые к

¹ Ropohl G. Knowledge Types in Technology. – P. 65–72.

² Vincenti W.G. What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History (Johns Hopkins Studies in the History of Technology). London: The Johns Hopkins University Press, 1993. – 336 p.

³ Vries M.J. de. The Nature of Technological Knowledge: Extending empirically informed studies into what Engineers know // *Techne: Journal of the Society for Philosophy and Technology*. – 2003. – № 6 (3).

естествознанию; разновидности промышленных и других практических технических знаний и знания, необходимые для описания и понимания технического мира»¹. Он включает в состав технического знания технические законы, понимаемые им как трансформации одного или нескольких научных законов; функциональные правила («cookbook» knowledge), т.е. процессуальное знание, выражаемое формулой «что и как делать»; структурные правила, описывающие особенности объединения компонентов системы и их взаимодействия, а также процедурные «знания как» (Know How) и социально-технические знания, описывающие влияние технических объектов и естественной среды на социальные практики². Технические законы, таким образом, составляют лишь малую часть многообразия технического знания

У. Винсенти в работе «Что знают инженеры и как они знают это»³ предложил свой вариант определения специфики и описания структуры технического знания. С его точки зрения, техническое знание не исчерпывается техническими теориями, а включает в себя фундаментальные концепты конструирования, представляющие собой трансформации одного или нескольких научных законов; требования и спецификации, т.е. качественные и количественные цели и задачи; теоретические инструменты – модели, теории, математический аппарат, интеллектуальные концепты; количественные данные, содержащие дескриптивные и нормативные знания; практические соображения, под которыми понимаются основанные на опыте и прецедентах инструкции и правила конструирования и эксплуатации объектов. Отдельная роль в таксономии технического знания отводится неявному знанию, основную часть которого составляют навыки конструирования, работы с инструментом, решения задач, приемы отладки и т.д. Действительно, многие технические знания в строгом

¹ Ropohl, G. Knowledge Types in Technology. – P. 65.

² Ibid.

³ Vincenti W.G. What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History (Johns Hopkins Studies in the History of Technology).

смысле не являются научными, т.е. они не подкреплены в достаточной степени соответствующими законами, носят индуктивный, а иногда и интуитивный характер. Обоснование такого технического знания основывается на его эффективности и безопасности.

Таксономия М. Вриса основывается на выделении четырех компонентов технического знания, которое включает в себя праксиологическое знание (action knowledge) – неявное знание о том, каким образом нужно действовать, чтобы получить планируемый результат; функциональное знание, то есть предписывающие процедурные знания о конструировании объектов и систем; физическое знание о свойствах объектов и «means ends knowledge» – знание о способах достижения цели, приемах стратегического планирования, а также оценки соответствия объекта или процесса изначально поставленной задаче.

Приведенные подходы к построению таксономии технического знания демонстрируют его неоднородность и показывают сложность задачи определения самого термина «техническое знание». Тем не менее, можно попытаться выявить общие черты различных его видов и форм. Для решения этой проблемы наиболее эффективным представляется функциональный вариант толкования технического знания, разрабатывавшийся изначально для определения технических артефактов, понимаемых как «сконструированные физические структуры, которые реализуют функции, соответствующие некоторым целям человека»¹. То, что объединяет все технические объекты, с позиции данного подхода связано с искусственностью, целеполаганием и функциональностью. Артефакты подчиняются тем же законам природы, что и естественные объекты, но отличаются от них тем, что возникают в результате деятельности человека; а среди всех созданных человеком объектов техническими являются те, которые реализуют необходимые ему функции. Так, автомобиль может быть определен как устройство для удобной и безопасной перевозки людей и грузов. Функция артефакта отличается от способа его

¹ Vaesen K. The functional bias of the dual nature of technical artefacts program // Studies in History and Philosophy of Science. – 2011. – № 1. – P. 190.

использования, т.к. использование относится к осуществляющему его человеку, а функция – к самому артефакту, и они могут не совпадать. Например, автомобиль может использоваться как показатель социального статуса. Но оба случая объединяет то, что артефакты служат для достижения некоторых целей человека.

Техническое знание, таким образом, может быть определено как знание, позволяющее получить запланированный результат, основываясь на естественных причинно-следственных связях. Различные виды и формы такого знания могут иметь свою содержательную и структурную специфику, но техническим его делает возможность получения с его помощью предполагаемого человеком результата.

Структура технического знания также может быть представлена другим образом, например, при помощи выделения его уровней, к первому из которых относятся ремесленные навыки. Этот уровень характеризуется значительной ролью неявных знаний, которые приобретаются в основном «через наблюдение, подражание, методом проб и ошибок и в меньшей степени через дискурс»¹. Специалист этого уровня может в совершенстве выполнять какие-либо действия, но затрудняется сформулировать, как именно осуществляется его деятельность.

Следующий уровень связан с использованием технических максим и включает в себя обобщение практического опыта в области разработки и использования технологий. Этот уровень еще нельзя назвать научным или теоретическим, поскольку он тесно связан с практическими навыками и неявным знанием и представляет собой первую форму обобщения и вербализации знания. В связи с этим овладение знаниями данного уровня, а именно рецептами, правилами, процедурами, приемами, осуществляется непосредственно в практической деятельности.

Знание, относящееся к уровню описательных, или эмпирических, законов, уже можно отчасти считать научным, поскольку оно представляет собой обобщение и выражение в явном виде закономерностей, выявленных в ходе

¹ Herschbach D.R. Technology as Knowledge: Implication for Instruction. – P. 36.

наблюдений и апробации. На этом уровне присутствует первичная формализация, активно могут использоваться языки математики и логики. В то же время данное знание не является обоснованным в полной мере, не всегда подкрепляется теорией и часто служит началом для более высокого уровня обобщений.

На самом высоком уровне, соответствующем технической теории, происходит систематизация эмпирических законов и опытных данных, строится теоретическая модель, позволяющая согласовать их друг с другом. Помимо этого, техническая теория реализует функцию аппроксимации и приложения научных концепций и систем и их применения на практике. Возникновение технических теорий позволило техническим исследованиям выйти на уровень науки, не сводимой к приложениям фундаментальных наук, поскольку «естественнонаучные знания и законы должны быть значительно уточнены и модифицированы в технической теории, чтобы стать применимыми к решению практических инженерных задач»¹. Эволюция техники шла в сторону усиления теоретического обоснования технико-технологического знания, и в настоящее время можно говорить о существовании крупных технических теорий, отвечающих критериям научности.

Фундаментальным признаком технической теории, как и естественнонаучной, является использование идеализаций, например колебательных контуров, электрических цепей, идеальных двигателей, излучателей, поглощающих и отражающих поверхностей. Свойства и отношения таких абстрактных объектов позволяют выстроить модель, которую можно применять ко множеству явлений, описываемых идеализациями, лежащими в ее основе. В ходе этой процедуры ученый «как бы развертывает содержание

¹ Горохов В.Г. Технические науки: история и теория. – С. 3.

теоретической модели и таким образом получает все новые и новые знания об исследуемой реальности»¹.

Построение классической технической теории базировалось на соединении фундаментальной теории и эксперимента и имело целью превращение научных законов в правила, применимые к конструированию, производству и использованию артефактов. Математические модели составляли основную часть исследований, что требовало от специалистов высокого уровня владения математическими методами. В основание современных технических теорий вводится компьютерное моделирование, используемое на всех этапах исследований. Аналогичные изменения происходят и в естественнонаучной теории. В итоге, как показывает В.Г. Горохов, различия между ними «почти полностью снимаются, так как естественнонаучный эксперимент становится неотделимым от проектирования»².

Таким образом, форма и сложность технического знания определяются спецификой деятельности, соответствующей ему. Большая роль неявных знаний и практических навыков делают техническое знание трудноформализуемым и ограничивают сферу допустимой редукции эмпирических данных. Техническая теория опирается на физические, математические, экономические знания, но делает это выборочно, поскольку основной ее задачей является достижение эффективности технико-технологических систем, при этом «фундаментальные исследования рассматриваются не как цель, а как средство решения поставленной задачи».

Проведенный эпистемологический анализ позволяет утверждать, что техническое знание представляет собой особый вид, не сводимый к формальному или естественнонаучному компоненту. Оно имеет собственную структуру,

¹ Степин В.С. Философия науки. Общие проблемы: учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук / В.С. Степин. – М.: Гардарики, 2006. – С. 182.

² Горохов В.Г. Технические науки: история и теория – С. 9.

большую роль в которой играют неявные, трудноформализуемые компоненты, без которых техническая деятельность не представляется возможной. Указанные особенности определяют специфику оценки возможности, истинности и научности технического знания.

Вместе с тем в то время как в философии и эпистемологии техники складывались подходы к пониманию сути и структуры технического знания и инженерной деятельности, в области технологии происходили радикальные повороты и даже революции, приведшие не только к возникновению новых устройств, но к качественным, в том числе эпистемологическим, трансформациям самих технологий. Традиционная технология включала преимущественно орудия, инструменты и производительный аппарат, а главными техническими объектами, с которым зачастую отождествлялась вся техника, были машины и механизмы, «созданные и используемые людьми с определенными целями и в собственных интересах, инструментальные по сути и внешние по отношению к человеку»¹. Но свойства и возможности, которые обнаруживают сегодняшние конвергентные технологии, размывают границы между материальным и нематериальным, как в случае компьютерных программ; живым и неживым, искусственным и естественным, что демонстрируют современные биотехнологии; природным, техническим и социальным.

Технология перестала быть внешней и нейтральной по отношению к человеку, существование и функционирование новых технологий «определяется нашим активным, интерпретативным и всегда локализованным отношением с ней»². Направленность современных технологий на человека, их встраиваемость в наши повседневные практики, образование и даже мышление определяет

¹ Столярова О.Е. «Исследования науки и технологии» (STS): Философское введение. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.hse.ru/data/662/515/1239/text.doc> (дата обращения 26.01.2016).

² Столярова О.Е. «Исследования науки и технологии» (STS): Философское введение.

необходимость поиска новых эпистемологических подходов к описанию сложившегося многообразия технологий, включенных в жизненный мир современного человека.

1.2. Технонаучный подход к описанию технического знания

До середины XX в. в западной науке сохранялось достаточно строгое деление на академические институты и промышленные организации, фундаментальные и прикладные исследования были разделены институционально и хронологически; соблюдалась линейная схема научных исследований, когда создаваемые академическими структурами теории использовались в прикладных исследованиях, а затем внедрялись в виде каких-либо технологий. Вторая мировая война и последовавшее за ней холодное противостояние вызвали резкое увеличение государственного финансирования науки и техники в ведущих странах, прежде всего исследований в области ядерного оружия, микроэлектроники, ракетной техники, информатики, биотехнологии и нанотехнологии. Возникла и была реализована необходимость создания ряда новых правительственных учреждений для поддержки научных и технологических исследований, таких как Национальный научный фонд (NSF), Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA), Комиссия по атомной энергии (AEC) в США; Европейский центр ядерных исследований (ЦЕРН), Европейское космическое агентство, Национальный центр научных исследований Франции (CNRS) в Европе и др. Их общей особенностью оказалось изменение отношений между наукой и техникой в сторону большей интеграции, в результате чего различия между ними стали не столь очевидными.

Изменилось отношение к пониманию самой науки, т.к. Вторая мировая война показала, что лишь немногие исследования могут считаться «чистой» наукой, не имеющей прикладной составляющей. Многие ученые, занимавшиеся проблемами фундаментальной науки, вынуждены были начать работу по решению военно-промышленных задач. Возникла уникальная ситуация, когда практические нужды военного комплекса и правительственные задачи потребовали академической мобилизации исследователей, до этого не работавших в прикладных областях. Результатом этого стало создание новых

исследовательских направлений, выходящих за пределы дихотомии «фундаментальное-прикладное». Деятельность ученых, работавших над решением военных задач, не сводилась к приложению имеющегося у них фундаментального знания. Зачастую и фундаментальное, и прикладное знание соединялось в виде оригинального решения – метода, устройства, принципа или идеи. Примерами могут служить работы А. Тьюринга, теория обратной связи Д. фон Неймана, общая теория систем Л. фон Берталанфи и многие другие. Как отмечал в одном из писем М. Тьюв, один из администраторов американской науки того времени, «нужна война, чтобы сделать промышленника из физика»¹.

Военный опыт показал ограниченную эффективность разделения коллективов ученых, инженеров и производителей. Наибольший результат принесли институции нового формата – локальные лаборатории, исследовательские группы и проектные отделы, создававшиеся для решения определенных классов задач. Так, одной из наиболее продуктивных по полученным научным и техническим результатам в США стала Научно-исследовательская лаборатория радио под руководством Ф. Тремана при Стэнфордском университете, успешно разрабатывавшая практически все виды средств радиосвязи, защиты от помех и радиолокационных устройств в условиях, когда фундаментальная радиотехника еще находилась в процессе становления. Оказалось, что «достижения электроники сверхвысоких частот возможны лишь при взаимодействии физики, электротехники и промышленности»². Опыт лаборатории Тремана был тщательно изучен и подтвердил важную для формирования нового курса развития науки мысль о необходимости

¹ Tuve M. to R.C. Tolman, April, 21, 1942 // OSRD, NA Ser. 8, Box 4; Pieces of the Action. Цит. по Наука по-американски: Очерки истории / Пер. с английского; предисл. Д. Александрова. – М.: Новое литературное обозрение, 2014. – С. 352.

² Наука по-американски: Очерки истории / Пер. с английского; предисл. Д. Александрова. – М.: Новое литературное обозрение, 2014. – С. 503.

институциональных преобразований и изменения самой логики научно-исследовательского процесса.

Важное изменение связано также с тем, что в военное и послевоенное время фокус науки смещается с исследований природы на создание технологий, таких как ракета, атомный реактор или компьютер. Это устранение различий между наукой и технологией привело к появлению концепции единой интегрированной области знаний. В конце 70-х гг. XX в. для отражения нового характера взаимоотношения науки и технологий, знания и инструмента появилось понятие технонауки, символизирующее тот факт, что «техногенная среда превращается из простого «приложения» научного знания в естественную среду его развития»¹. Сама технонаука представляет собой скорее новый способ построения научного знания, в чем-то альтернативный научной теории, и может рассматриваться как «симбиоз фундаментального исследования, технической теории и инженерной деятельности»². На смену научной теории как системе знаний приходит синтез «знания что» и «знания как», а в классическую триаду задач науки «описание – объяснение – понимание» встраиваются проектирование и прогнозирование. При такой форме организации науки и технологии они рассматриваются не как зависящие друг от друга, а скорее как взаимозависимые составляющие в том смысле, что технология не может существовать без науки и наука не может существовать без технологии.

Концепция технонауки в середине XX в., конечно, реализовывалась далеко не во всех исследовательских областях. Пилотными направлениями стали те, которые работали на оборонно-промышленный комплекс, прежде всего ядерная энергетика и ядерное оружие, космические исследования и ряд других. Ядерная физика стала одним из первых направлений, в котором технологии стали

¹ Андреев А.Л. Технонаука // Философия науки. – 2011. – № 16. – С. 201.

² Горохов В.Г. Нанотехнология – новая парадигма научно-технической мысли. – С. 37.

оказывать влияние на фундаментальную науку. Однако не только военные задачи стимулировали изменения структуры научной деятельности.

Значимым опытом для научного сообщества стало создание ускорителей элементарных частиц, для разработки которых не только физикам пришлось заниматься конструкторской работой, но и инженерам потребовалось значительно улучшить свой уровень научной подготовки, а администраторам науки предусмотреть более мягкие, коллаборативные, сетевые механизмы управления научными коллективами. Кроме того, ускорители частиц, основанные на военных микроволновых исследованиях, детекторы, к примеру, пузырьковые камеры, первоначально разработанные для ядерного оружия или обнаружения ракет, стали новым экспериментальным оборудованием, определившим дальнейшее развитие ядерных исследований.

Аналогичная ситуация складывалась в астрономии, которая с возникновением космических программ сверхдержав получила ранее немыслимый инструментарий, такой как орбитальные телескопы и межпланетные зонды, что привело к революционным изменениям в представлениях человека о Вселенной. В физике твердого тела технаучный поворот связан с исследованиями полупроводников. В СССР и в США были созданы коллективы, объединившие ученых и инженеров для изучения свойств полупроводников и р-п переходов, создания транзистора и разработки технологий его промышленного производства. Все это привело к тому, что лаборатория вторглась в «башню из слоновой кости» теоретиков, технология перестала быть чем-то внешним по отношению к познанию природы, а техническая среда стала естественной средой развития научного знания.

В рамках постпозитивизма К. Поппера, Т. Куна, И. Лакатоса, М. Полани в философское понимание науки было включено историческое и культурное измерение. В дальнейшем в связи с развитием социологических исследований науки технаука начинает исследоваться в рамках STS – исследований науки и технологии, SSK – социологии научного знания, а позже – lab studies, социологии лаборатории. Лаборатория стала ключевым феноменом для исследователей

социологии науки, т.к. она представляет собой именно то место, «где наука разворачивается как экспериментальная и социальная деятельность, включающая материальные отношения с вещами (инструментами, приборами, технологиями)»¹.

Взаимоотношение науки и технонауки рассматривается неоднозначно. Достаточно часто выдвигаются концепции, определяющие переход к технонауке как фундаментальный сдвиг или новый «режим» научных исследований. Это находит отражение в идеях пост-академической, пост-нормальной, предпринимательской науки, финализации науки, режима производства знания-2 (mode-2 research) и др. Утверждение о сдвиге или революции всегда легко подвергается возражению, однако, даже если оно переоценивает фундаментальность происходящих изменений, это высказывание тем не менее фиксирует смещение внимания, общественных ожиданий и социальных запросов в отношении науки.

В то же время отрицание объективности трансформации современной науки и утверждение о том, что технонаука представляет собой просто гибридные конгломераты знаний, не вписывающиеся в классификации и традиционное разделение на фундаментальные и прикладные науки, а потому стоящие в стороне от основной науки, представляется некорректным и недальновидным. Мы будем использовать концепцию технонауки как фиксацию поворота науки к практике, трансформацию самой научной практики и признание неотделимости знания от материальных условий его производства.

В этом смысле технонаука не является исключительным изобретением второй половины XX в., т.к. ее проявления можно найти на всех этапах развития науки, от работ Архимеда, где уже был синтез фундаментального и прикладного знания для решения военных задач, до термодинамики XVIII в., где законы природы открывались в результате экспериментов над искусственными

¹ Столярова О.Е. Исследования науки и технологии» (STS): Философское введение.

объектами в лабораторных условиях, а конструирование машин становилось основой построения физической теории. Однако в целом при этом доминировала, как пишут М. Гиббонс, П. Скотт и Х. Ноутни, «старая парадигма научных открытий, характеризующаяся гегемонией дисциплинарной науки, с ее сильным чувством внутренней иерархии между дисциплинами»¹.

Становление технауки изменило характер взаимоотношений науки и философии. Если в рамках позитивистских концепций философия рассматривалась как способ прояснения научного знания, анализа языка или закономерностей роста и развития науки, то становление технаучных проектов сформировало убежденность у многих ученых, политиков и обывателей о философии как об этике науки. Действительно, такие проекты, как NBIC-конвергенция, затрагивающие общечеловеческие вопросы природы человека и будущего человечества, необходимо должны сопровождаться этической экспертизой, принципы и методология которой во многих отношениях разрабатываются в процессе самой оценки. Однако отождествление философии с этикой даже в случае таких злободневных проблем, как применение биотехнологий ошибочно, поскольку происходит в ущерб онтологии и эпистемологии.

Задача философии технауки состоит, в первую очередь, в осмыслении того, что есть технаука, именно это является условием рассмотрения социальных, этических, правовых и других аспектов. К примеру, цель философского анализа нанотехнологий может быть сформулирована как прояснение того, как их свойства проистекают из онтологии наноразмерных объектов и эпистемологических оснований деятельности человека на молекулярном уровне.

Онтология и эпистемология технауки, определяя основания ее философского осмысления, позволяют по-новому взглянуть не только на

¹ Gibbons M., Nowotny H., Scott P. Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty. – Oxford: Blackwell Publishing, 2002. – P. 10.

технологию, но и на традиционные философские вопросы. Эпистемологическая установка на рассмотрение науки как «чистой» формы знания и пренебрежительное отношение к технологии как ко вторичному знанию не позволит рассмотреть технаучное знание как самостоятельный феномен, не сводящийся к некоторой совокупности фундаментальных и прикладных знаний, а имеющий собственные эпистемологические ценности, способы производства знания и критерии его оценки. В технаучном познании фокус эпистемологии смещается с форм теоретического знания в сторону конструируемых объектов, объектами эпистемологии становятся «вещь как знание», «эпистемическая вещь», артефакты, модели и симуляции, экспериментальные системы и т.д. Конструирование рассматривается как самостоятельный метод получения знания, более того, исследователи, занимающиеся созданием технологий, например в области нано- или биотехнологий, все чаще утверждают, что их цель состоит не в получении практического результата, а в знании как таковом, т.е. технология становится способом производства научного знания¹.

Онтологические вопросы технаук в литературе разработаны гораздо меньше, чем эпистемологические. В настоящее время понятно, что мы имеем дело с серьезными трансформациями онтологии науки. Мир сам по себе, таков, каков он есть, уходит из объектной области науки, сначала с возникновением лаборатории, с ее сконструированными условиями и отобранными объектами, а затем с массовым вторжением конструкторов, технообъектов, артефактов в пространство научного исследования. Не переставая существовать как часть реального мира, они получают онтологию, неразрывно связанную с эпистемологическими основаниями, деятельностью субъекта, функциональной нагруженностью. Функциональный характер технических объектов, наиболее убедительно в настоящее время описанный в рамках аналитической философии техники, дает основания в рамках некоторых подходов утверждать об

¹ O'Malley Maureen A. Making knowledge in synthetic biology: Design meets Kludge // Biological Theory. – 2009. – № 4. – P. 381.

онтологическом безразличии или даже о том, что вопрос о сущности и существовании чужд философии технонауки¹. Тем не менее очевидно, что онтологические вопросы не менее важны, чем эпистемологические или социальные. Так, свойства нанообъектов и эпистемологические стратегии их создания и применения определяются именно онтологическими свойствами наноразмерных систем, в случае которых квантовые эффекты уже гораздо менее заметны, чем на атомарном уровне.

Кризис онтологии, таким образом, может быть связан не с отсутствием ее необходимости, а с тем, что традиционные онтологические подходы, такие как реализм и инструментализм, с трудом применимы в новых условиях. Наиболее актуальной представляется плюралистическая онтология, которая может прояснить ряд вопросов. Известный пример, над которым много размышляли основоположники социологии науки, состоит в том, чем отличается злокачественная опухоль, возникшая в результате естественной предрасположенности живого организма (мыши) к онкологическим заболеваниям, от опухоли, вызванной в лабораторной мыши с помощью биотехнологий. В обоих случаях мы имеем дело с реальными, объективными, физически эквивалентными образованиями, однако во втором случае этот объект является «продуктом экономики знаний, воспроизводимой проектной спецификацией, которая не репрезентирует процесс болезни, но сама есть процесс болезни»².

Критика технонауки основывается на том, что при такой форме организации каждый научно-исследовательский проект а priori подчинен необходимости его последующего технического применения, что обуславливается либо сферой его использования (например, медицина или устранение чрезвычайных ситуаций),

¹ Hottois G. Le signe et la technique. La philosophie à l'épreuve de la technique. – Paris: Aubier, 1984. – 222 p.

² Nordmann A. Collapse of Distance: Epistemic Strategies of Science and Technoscience // A Plenary Lecture at the Annual Meeting of the Danish Philosophical Association, March, 2006.

либо частными интересами (прибылью, престижем, властью, различного рода прихотями и т. д.). При этом размываются традиционные принципы бескорыстности чистой науки и независимости познавательной деятельности ученых от конъюнктурных соображений, а академические организации превращаются в конкурирующие предприятия, ведущие борьбу за приоритет, позволяющий получать финансирование, гранты и другие формы поддержки. Особенно популярными такие идеи являются во Франции и франкоговорящих странах, где сильны антиглобалистские настроения¹. Кроме того, среди критиков много и тех, кто полагает, что термин «технонаука» сам по себе вносит путаницу, и необходимо провести четкую разделительную линию между наукой как исключительно когнитивным (теоретическим и абстрактным) понятием и технологией, которая представляет собой всего лишь один из вариантов применения полученного наукой знания, если такое применение отвечает чьим-либо материальным интересам.

Однако одно из самых серьезных возражений против концепции технонаучных исследований 70-90-х гг. XX в. является указание на то, что взаимодействие различных областей научного и технического познания, объединение различных исследователей для решения конкретных задач, хотя и давало преимущество в достижении поставленной цели, но «вектор их развития, логика оставались узкоспециальными, а достижение результата происходило путем сложения различных технологических решений»². Несмотря на радикальность приведенного высказывания, оно отмечает, что в XX веке интеграция направлений технологического развития происходила локально и обосновывалась практическими соображениями. Вторая половина века стала эпохой развития междисциплинарности, однако тенденция совместного, синергического, взаимообуславливающего и взаимоусиливающего развития

¹ Sérís J.-P. La technique. – Paris: PUF, 1994.

² Ковальчук М.В. Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее // Российские нанотехнологии. – 2011. – № 1–2. – С. 3.

технологий стала явной только к концу XX – началу XXI в., а ее флагманом стали конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии (NBIC), к которым вскоре были добавлены социальные технологии. Наступил новый этап в развитии самой технонауки, в которой фундаментальные и прикладные исследования уже не просто соединялись, а становились практически неразличимыми. Сложилась уникальная ситуация, когда сами разработчики технологий столкнулись с необходимостью формулирования онтологических и эпистемологических принципов, разработки новых эпистемических практик и моделей научно-инновационной деятельности, а так же осознали важность переосмысления фундаментальных философских вопросов, связанных с природой человека.

1.3. Эпистемические практики работы с техническим знанием: оценка истинности и обратная реконструкция

Рассмотрение технической деятельности не только как различных форм взаимодействия с материальными объектами, но и как совокупности особых способов работы со знанием представляет собой актуальную проблему в связи с переходом современного общества в состояние, определяемое как общество знаний (П. Даркер, Г. Маклюэн), сетевое общество (М. Кастельс), общество риска (У. Бек). Общим для всех указанных концепций является обращение внимания на трансформацию типов производства, представления, переработки и трансформации знания. К концу XX в. стало понятно, что привычные формы работы со знаниями, сформировавшиеся в «эпоху Гуттенберга», начинают замещаться новыми, существенно иными эпистемологическими структурами, причем это происходит не только в сфере обыденной коммуникации, но и в области научного знания.

Действительно, в обществе знания, в условиях динамичной постоянно пополняющейся информационной среды, информация, чтобы быть воспринятой, должна быть организована и представлена в форме, позволяющей извлекать максимум пользы за минимальное время. Важно, чтобы она одновременно была доступной и для восприятия человеком, и для машинной обработки, легко интегрировалась, сопоставлялась с другими элементами информационного общества.

Не случайно современные формы представления и организации информации были разработаны в рамках технических и когнитивных наук (направление представления знаний в искусственном интеллекте), к примеру, фреймы, семантические сети, онтологии, mindmap, интерактивные схемы и т.д. Поскольку способы организации технического знания целенаправленно разрабатывались так, чтобы отвечать требованиям, задаваемым современной коммуникационной средой, они оказались востребованными и за пределами технических наук.

Использование термина «знание» всегда требует уточнения применительно к анализируемой проблеме, особенно если он употребляется в отношении техники. Часто в упрек прикладным наукам ставится некорректное его использование в связи с отрывом от субъекта и приписыванием машине. В когнитивных науках сложилось разделение знания и информации по признаку степени организованности. Такой подход, когда знание понимается как упорядоченная, преобразованная информация, безусловно, является прагматическим и не учитывает опыта определения данного понятия, накопленного в истории философии и науки, но он дал возможность для прорыва в области интеллектуальных информационных технологий. Наиболее эвристически ценным достижением когнитивного подхода явилось исследование форм представления знания, то есть способов структурирования и организации информации, позволяющих наиболее эффективно с ней работать. К примеру, одни и те же показатели могут быть даны субъекту в виде массива цифр и в виде диаграммы, причем во втором случае человек легко воспринимает содержание и фиксирует закономерности. В этом смысле диаграмму можно считать формой знания, поскольку она представляет субъекту информацию в упорядоченном, структурированном виде.

Техническое знание, хотя и имеет свою специфику, традиционно относилось к научному типу, но никогда не сводилось к набору фактов, проблем, законов, теорий и т.д. В общем смысле оно представляет собой «знание как», а его основаниями служат математика и естественные науки. Суть технического познания состоит в том, чтобы перевести математические и естественнонаучные знания в форму объекта, используемого для решения практических задач. Вместе с тем результаты технического познания ошибочно было бы сводить исключительно к технике, материальным устройствам. Они могут быть представлены в виде алгоритма, математической, компьютерной, графической модели, программы, базы данных и т.д. В то же время выполнение своей функции (например, компьютерной программой), возможно только при условии ее воплощения на материальном носителе. Написанная на бумаге, она, безусловно,

может считаться определенным результатом технического познания, но техническим объектом программа станет только после ее реализации на вычислительной машине. С эпистемологической точки зрения все эти объекты можно рассматривать как формы реализации, или воплощения знания, научность которых определяется их основаниями, в качестве которых служат фундаментальные науки, а верификация осуществляется в ходе практики.

Вопрос о воплощении знания не в виде высказываний, а в форме материальных объектов рассматривался Л. Витгенштейном в «Логико-философском трактате» на примере граммофонной пластинки. По его утверждению, она и подобные ей объекты «находятся между собой в таком же внутреннем отношении описания, какое существует между языком и миром»¹. Это обусловлено тем, что знания в высказывании и в техническом объекте «выстроены согласно общему логическому шаблону»². Музыкант может сыграть симфонию по партитуре, и ту же симфонию можно услышать, когда игла бежит по граммофонной пластинке. Но в обоих случаях партитуру можно восстановить, анализируя звучащую симфонию. Внутреннее сходство между этими, внешне различными, явлениями обусловлено законом проекции, который выступает как «правило перевода ее [симфонии] на язык граммофонных пластинок»³. Таким образом, воплощение знания в техническом объекте представляет собой перевод из языка высказываний на язык техники, что является возможным, поскольку вся совокупность «способов выражения содержится в логике описания»⁴.

Вместе с тем возникает вопрос, появляется ли что-то принципиально новое, когда знание из формы высказывания переводится в форму технического объекта. Для того чтобы выполнить свою функцию, пластинка должна воплощать не

¹ Витгенштейн Л. Логико-философский трактат / Людвиг Витгенштейн; пер с нем. Л. Добровольской. – М.: АСТ: Астрель, 2010. – С. 51.

² Там же. – С. 51.

³ Там же.

⁴ Там же. – С. 52.

только симфонию, но и знания из механики, акустики, электродинамики, даже физиологии человека. Только при этом условии она будет реализовывать цель, для которой создавалась. Поэтому конструирование технического объекта необходимо предполагает не только перенос знаний из языковой формы в форму устройства, но и их конвергенцию, эпистемологическое единство. При этом математические, логические, физические, даже эстетические знания интегрируются и предстают в виде *работающей* системы. Синтез знания здесь является не формальным, приписываемым, а приводящим к появлению онтологически самостоятельного объекта реальности. На начальных этапах познание продвигается от природного объекта к абстрактным идеям, принципам, теориям, а затем вновь возвращается к объекту реальности, но уже не только воплощающему законы природы, но и отражающему субъекта, его когнитивные, праксиологические, ценностные, эстетические особенности. Именно эта особенность технических объектов позволяет рассматривать их как форму представления, воплощения синтетических знаний.

Большая часть технических знаний воплощается в виде реальных материальных систем, в результате чего исходные предпосылки, идеи и концепции проявляют себя в конструктивных или функциональных аспектах существования и работы технических объектов. Такой подход связан с отказом философии техники, прежде всего эпистемологии технонауки, от рассмотрения технологии как приложения знания и расширением сферы технического до всей материальной культуры. Технология начинает трактоваться как «онтологически и эпистемологически предшествующая науке (теории), как практически-перцептивный контекст, опосредующий теоретическую активность»¹. Д. Айди определяет технику как «эпистемологический двигатель», как разнообразные

¹ Столярова О.Е. «Исследования науки и технологии» (STS): Философское введение. – С. 13.

«тела», «включенные в познавательную ситуацию и маркирующие воплощенное знание»¹.

Современные технологии чаще всего не развиваются как единое цельное взаимосвязанное знание, которое можно бы было описать комплексной непротиворечивой эпистемологической концепцией. Скорее, по утверждению Д. Айди, «технология – это всего лишь открытое множество конкретных форм практики, которые невозможно привести к общему знаменателю»², а сама наука, отмечает он, «предстает в качестве “технонауки, встроенной в жизненный мир и производящей знание через технологии”»³.

Подобная неоднородность на современном этапе характерна не только для технического знания, но и для других областей. Так, Л.А. Микешина, анализируя неклассическую теорию познания, вводит термин «синтез когнитивных практик», отражающий соединение различных, зачастую рассматривавшихся как противоположные, познавательных подходов и традиций в гуманитарном знании. К таким практикам она относит «”лингвистический поворот”, при котором теория познания заменяется теорией значения и некоторыми другими учениями о языке; феноменологические подходы к познанию; герменевтический опыт, выраженный в общей теории понимания и интерпретации; практики деконструктивизма и постмодернизма»⁴. Такой подход, при котором теоретические направления теории познания рассматриваются как практики, а описание разнородной познавательной

¹ Цитируется по тексту доклада Д. Айди «У нас нет двух возможностей: либо ситуативность, либо симметрия» – Столярова О.Е. Идентичность киборгов: Обзор материалов конференции «Cyborgidentities» // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Сер. 3, Философия. – М., 2000. – № 2. – С.45–63, с. 54.

² Ihde D. Expanding hermeneutics: visualism in science. – Evanston (Ill.), 1999. – P. 4.

³ Ibid.

⁴ Микешина Л.А. Философия познания. Полемические главы. – М.: Прогресс-Традиция, 2002. – С. 49 – 50.

реальности становится возможным благодаря их многообразию, представляется полезным не только для описания гуманитарного знания.

Для построения модели, применимой для технического знания, необходимо учесть его специфические особенности. Важнейшими критериями истинности технического знания являются его практическая полезность и эффективность, а одной из основных особенностей современных технологий выступает их знаниевая нагруженность. Исходя из этого, анализ технического знания целесообразно проводить через соединение эпистемологического и праксиологического подходов. Конвергентные технологии сочетают способы и приемы взаимодействия с физическими объектами и методы работы со знанием и информацией.

Если когнитивные практики направлены на знание и его получение, то в технической области в познавательных ситуациях, как правило, присутствует взаимодействие и с техническим объектом, и с тем знанием, которое лежит в его основе. Для описания этой особенности познавательных ситуаций в сфере современных технологий мы введем термин *«эпистемические практики»*, под которым будем понимать методы и приемы работы с техническими объектами, результатом применения которых является повышение эффективности технического знания, реализованного в этих объектах. Общей целью любых эпистемических практик работы с техническим знанием, таким образом, является приближение к истине, понимаемой как эффективность.

В широком смысле они могут быть поняты как любая работа со знанием, подразумевающая повышение его эффективности. При таком подходе эпистемическими практиками могут служить, например, графическое представление, моделирование, апробация. В узком смысле таким термином можно обозначить процессы и методики работы с конкретным видом знания в условиях решения технических задач, специфичные именно для него, позволяющие повысить эффективность исходного знания. Однако в каком бы смысле мы не использовали этот термин, отличительным признаком

эпистемической практики является то, что она применяется к уже имеющемуся знанию и направлена на повышение эффективности применения этого знания.

В силу своих особенностей техническое знание зачастую не может быть в полной мере теоретически обосновано, поэтому в его производстве, опосредованном деятельностью, изначально сложился ряд специфических эпистемических практик. И если для классического инженерного знания такие приемы и методы, как, например, методики решения изобретательских задач, известны и описаны в инструкциях, нормативных документах, то в случае сложных современных, в том числе конвергентных технологий такие эпистемологически-праксиологические комплексы еще предстоит выявить и описать. Однако уже сейчас мы можем видеть такие практики в тех областях конвергентных технологий, которые к настоящему времени получили наибольшее развитие.

В широком смысле технический объект может быть понят как следствие избыточности физических законов, которые позволяют существовать гораздо большему количеству объектов, чем то, которое возникает в природе естественным образом. То есть суть любой технической практики состоит в использовании тех же законов, по которым существуют природные объекты, для создания новых систем, самостоятельно не возникающих по тем или иным обстоятельствам. Т.е. практически любая техническая деятельность может быть рассмотрена как эпистемическая практика, соединяющая знание (образ, идею, замысел) и материальный субстрат. Причем знанием эти идеи или замыслы делает именно возможность их воплощения. В связи с этим ключевым моментом для описания эпистемических практик как в области нано- или биотехнологий, так и техники в целом является выявление и прояснение возможностей существования технических объектов.

Можно выделить ряд таких условий, первым из которых, несомненно, выступает *логическая непротиворечивость*. Требование логической непротиворечивости в технических науках имеет свою специфику, которую А.Н. Павленко определяет как условие непротиворечивости «в бытии

возможного»¹, в противовес непротиворечивости в бытии мыслимого, например в математике. Техника математически детерминирована, следовательно, необходимо должна соответствовать требованиям, предъявляемым к самой математике.

Однако логическая непротиворечивость вовсе не означает технической реализуемости. Поэтому в процессе инженерного проектирования и конструирования исследователь имеет дело уже не с логическими, а с физическими запретами. Так, например, теория относительности утверждает невозможность передачи сигнала со скоростью, превышающей скорость света в вакууме, а классическая термодинамика – создание вечного двигателя второго рода. Следовательно, вторым условием является *физическая непротиворечивость*.

Вопрос о физических запретах является чрезвычайно сложным в силу того, что они налагаются всегда в рамках принятой теории и могут трансформироваться в процессе развития науки. Этот момент определяет необходимость выделения третьего условия – *парадигмальной непротиворечивости*, связанного с конкретно-историческим этапом развития науки и теми запретами, накладываемыми действующей теорией, в рамках которой осуществляется техническое познание, а также историческими, и социокультурными обстоятельствами. На технику, в итоге, накладывают запреты «логика (вместе со стоящей за ней математикой) и история (конкретный уровень знаний и соответствующие ему ценности в конкретную эпоху)»².

Условие *праксеологической допустимости* связано с тем, что, поскольку техническое знание изначально практически ориентировано, то имеет значение не только его истинность (или достоверность), но и эффективность, возможность деятельности. Техническое знание не может быть обосновано только

¹ Павленко А. Возможность техники / А. Павленко. – СПб.: Алетейя, 2010. – С. 139.

² Павленко А. Возможность техники. – С. 147.

теоретическими методами. Даже если соблюдены все требования непротиворечивости, лишь синтез знания в реальном объекте может служить критерием оценки его достоверности, потому как «только практика конструирует мир реальных объектов»¹.

Как уже было указано выше, целью эпистемических практик является повышение эффективности технического знания, т.е. приближение его к истине. Рассмотрим практики, связанные с оценкой истинности технического знания.

Проблема опытной проверки технического знания связана с тем, что исторически, начиная с Нового времени, сложилось так, что вопрос о верификации ставился не в контексте проверки самого технического знания, а в отношении возможности подтверждения математических, физических и других конкретно-научных знаний через их реализацию в технических устройствах. Сформировался парадокс, когда знание, в отношении которого верификация проводится в весьма общей форме «практики», служит основанием для верификации фундаментальных наук. Так, в спорах о статусе математических объектов часто используется аргумент о том, что техника, основанная на математических выводах, прекрасно функционирует. Негласное правило «работает, следовательно, верно» в XX в. оказалось несостоятельным в связи с рядом системных технических проблем. Например, ошибка в реализации операции деления в компьютерных процессорах показала, что к результатам выполнения машинных программ даже при простых проверенных алгоритмах необходимо подходить критически.

Чтобы технические объекты могли использоваться для обоснования научного знания, необходима более строгая верификация самого технического знания, но возможна ли она? Верифицируемость в «слабой» форме (по Айеру) как потенциальная возможность хотя бы одного подтверждения в опыте представляется недостаточной в случае технического знания. Модель, реализация

¹ Перминов В.Я. Реальность математики // Вопросы философии. – 2012. – № 2. – С. 29.

которой не показывает стабильных опытных результатов в заданном интервале условий, отбраковывается как несоответствующая «внутреннему» для технических наук критерию истинности – эффективности. Никому не нужен двигатель, который потенциально может завестись, но не заводится или завелся один раз за время эксплуатации. Верификация в «сильной» форме, как укорененность знания в опыте, также не может быть строгим условием оценки технического знания по ряду причин: большой роли конвенциональных знаний, погрешности приборов, использовании численных методов и т.д.

На практике невозможно определить, действительно ли модель, лежащая в основе технического объекта, соответствует реальности, или она просто фиксирует отдельные проявления, следствия физических законов. Знание, воплощенное в техническом объекте, носит синтетический характер, объединяя множество фундаментальных и прикладных знаний, поэтому практически невозможно однозначно указать, что фиксируется в опыте – правило или частный случай.

Поиск компромиссного варианта проверки технического знания может быть произведен с учетом особенностей важного этапа технического познания, а именно отладки, или тестирования, продукта. Любой объект, будь то физическое устройство или компьютерная программа, не отвергается сразу, даже если опыт дает отрицательный результат, что подтверждает тезис Айера «окончательно опровергнуть гипотезу можно не в большей степени, чем окончательно ее подтвердить»¹. Начинается анализ ошибок, корректировка параметров и прочие процедуры, затем следует повторная опытная проверка и т.д. В данном случае верификация выступает и как процедура оценки готового результата, и как этап технического познания.

В связи с этим можно говорить об эпистемической практике циклической, или рекурсивной, верификации. Суть ее состоит в чередовании процессов реализации исходной модели, дальнейшей ее апробации и корректировки с учетом полученных результатов, за которой вновь следуют реализация,

¹ Айер А.Д. Язык, истина и логика // Логос. – 2006. – № 1 (52). – С. 66.

апробация, корректировка и т.д. Основной аргумент против такого способа оценки истинности состоит в том, что «процесс сопоставления содержания и факта бесконечен»¹, однако именно в отношении технического знания в большинстве случаев он снимается заданием конкретных, к сожалению, часто субъективных требований. Предел циклической верификации задается конкретными условиями, в которых осуществляется решение задачи, например указанием допустимого интервала погрешности или срока сдачи проекта. Именно тщательность верификации на этапе отладки является не только методологическим требованием, но и своеобразным этическим принципом в технических науках, вводя этическое измерение в эпистемические практики работы с техническим знанием.

Можно сказать, что в сравнении например, с естественнонаучным, техническое знание менее строго отбирается на этапе разработки, благодаря чему не отклоняются сразу оригинальные подходы и идеи, изобретательские предложения. Их оценка как бы откладывается до этапа экспериментальной проверки, в результате техника иногда выходит за пределы науки, открывая и создавая то, что научному познанию на этом этапе недоступно. Характеризуя эту особенность технического творчества, К. Ясперс пишет, что «дух изобретательства может сотворить необычайное и вне рамок специфически современной науки»².

Помимо оценки истинности базовой, универсальной эпистемической практикой работы с техническим знанием выступает его извлечение, или обратная реконструкция. Рассмотрение технического объекта как формы представления, воплощения знания предполагает возможность обратного конструирования (reverse engineering), то есть эпистемологической редукции объекта до отдельных

¹ Никоненко С.В. Аналитическая философия: основные концепции. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2007. – С. 134.

² Ясперс К. Современная техника // Новая технократическая волна на Западе / Под ред. В.М. Леонтьева. – М.: Прогресс, 1986. – С. 127.

концептуальных положений, лежащих в его основе. Парадигма обратного конструирования, зародившаяся в 80-х гг. XX в., позволила вывести на новый уровень понимание природы технического знания и по-новому поставила эпистемологические проблемы, связанные с репрезентацией, интерпретацией, извлечением знаний.

В рамках данного подхода эпистемологическая деятельность субъекта в техническом познании и деятельности разделяется на две принципиально разные формы, а именно прямое конструирование (forward engineering) и обратное конструирование (reverse engineering). Прямое конструирование предполагает дедуктивный процесс перехода от теоретических положений к моделям и реальным объектам, для него характерно «продвижение от высокого уровня абстракции и логики к проектированию и физическому воплощению системы»¹. Этапы такого познания различаются степенью абстракции и включают составление технического задания как общей постановки проблемы, указания целей, границ использования объекта; проектирование (от рисунка и чертежа до расчетов и построения моделей); реализацию, то есть физическое воплощение, тестирование и внедрение технической системы.

Обратное конструирование направлено на исследование готового технического объекта с целью выявления знаний, заключенных в нем. Оно включает анализ системных элементов и их взаимосвязей; определение концептов, базовых идей, на которых основана система; ее описание «в другой форме и на более высоком уровне абстракции»². Практика обратного конструирования в настоящее время востребована рядом научных направлений, прежде всего связанных с эвристической аналитикой вредоносного программного обеспечения и разработкой вычислительных машин высокой производительности.

¹ Chikofsky E., Cross J. Reverse engineering and design recovery: A taxonomy. IEEE Software, № 7(1), January 1990. – P. 14.

² Ibid. – P. 15.

При этом оказалось, что свойство машин быть формой представления знаний имеет принципиальное значение для физической организации и работы таких систем.

Так, одна из фундаментальных проблем разработки суперкомпьютеров связана с большим выделением энергии при стирании информации, которое неизбежно происходит при выполнении процессов вычисления. В обычных компьютерах многие вычисления являются необратимыми. Это значит, что, анализируя результат, нельзя восстановить начальные условия, например, при выполнении операции логического ИЛИ. Разработка парадигмы обратимых вычислений, как считается, может способствовать новому росту производительности вычислительной техники.

Таким образом, если в классической схеме познания технический объект является результатом, то при обратном конструировании он представляет собой начальную точку исследования, а результатом служат выявленные модели, методы, инженерные идеи, физические, математические (например, геометрические) знания и даже историко-культурные основания. Этот процесс подобен классическому научному познанию, когда через исследование объектов происходит выделение общих закономерностей, но имеет свои отличительные черты, которые и составляют специфику технического знания.

Другая отличительная черта технических объектов связана с тем, что в отличие от природных они не только содержат онтологические физические особенности, которые можно интерпретировать как знания, но и отражают субъекта. Это означает, что, по крайней мере в отдельных случаях, на основе исследования технического объекта можно выдвигать гипотезы об особенностях мышления, профессиональных навыков, эстетических предпочтений и других свойств его создателя. Более того, анализируя эволюцию техники, можно делать выводы о трансформации субъекта технического познания.

В доязыковую эпоху и в период формирования речи и языка технические объекты были важнейшей формой передачи знаний о способах деятельности¹.

¹См. Oakley K. The earliest firemakers. *Antiquity* 30, 1956. – P. 102–107.

Древние приспособления и орудия труда в отсутствие письменных свидетельств позволяют современным антропологам сделать некоторые выводы о доисторической эпохе. Человек, наблюдая за жизнью животных, активно воплощал получаемые знания в орудиях, он «научился от паука расставлять сети, от птиц – плести корзины, от бобров – строить запруды, от кроликов – рыть норы, а от змей – пользоваться ядом»¹.

Данный аспект в философии техники активно исследовался в рамках концепции органопроекции. По утверждению Э. Каппа, внутренний мир человека во многом определяется его телесностью, значит и внешний мир, по крайней мере, та его часть, которая создана под воздействием человека, представляет собой продолжение человеческого тела, а «все средства культуры, будут ли они грубо материальной или самой тонкой конструкции, являются ни чем иным, как проекциями органов»². Капп рассматривает органопроекцию в качестве основного принципа технической деятельности человека и его культурного творчества в целом. Так, рука выступает как прообраз всех механических орудий; началом движению любого устройства служит деталь, имитирующая форму руки; глаз выступает как образец всех оптических приборов; ухо рассматривается как основа акустической техники и т.д. Органопроекция по своей природе является процессом «непрерывного, по большей части бессознательного самообнаружения, отдельные акты которого не подлежат одновременно протекающему процессу сознания»³.

Необходимо отметить, что принцип органопроекции вносит существенный вклад в понимание роли субъекта в создаваемых им объектах, однако не исчерпывает всего эпистемологического потенциала техники, так как не все

¹ Мэмфорд Л. Миф машины. Техника и развитие человечества / Пер с англ.; Перевод Т. Азарович, Б. Скуратова (1 глава). М.: Логос, 2001. – С. 138–139.

² Капп Э. Антропологический критерий. // Роль орудия в развитии человека. Л., 1925. – С. 24–25.

³ Капп Э. Первые орудия // Роль орудия в развитии человека. Л., 1925. – С. 105.

знания, заключенные в ней, могут быть сведены к имитации. Так, четкая стандартизация тесаных орудий свидетельствует о появлении понятий об идеальной форме, подходящей для определенного вида работ; наличие сложнообработанных каменных объектов – о разделении труда, необходимом для такой трудоемкой и многоаспектной деятельности.

Анализ техники как источника знаний о субъекте может дать интересное рассмотрение одного из важнейших вопросов истории человека – времени возникновения абстрактного мышления. Если большинство приспособлений можно рассматривать как имитацию природных объектов (сети, корзины и т.д.) или проекцию органов человека (топор), то создание лука со стрелами, по утверждению Л. Мэмфорда, можно считать изобретением оружия, свидетельствующего о развитой способности к абстрактному мышлению, так как он создается не по принципу подобия в природе, это «чистая абстракция, перенесенная на физическую форму»¹.

Изделия ремесленной доиндустриальной эпохи имели индивидуальный характер, по которому специалист всегда мог определить место, время создания, часто – мастера. Технические объекты этого времени отражают субъекта, автора, его знания, мастерство, вкус, эстетические предпочтения. Обезличивание техники в индустриальную эпоху значительно повлияло на трансформацию отношения к ней, нашедшую свое отражение в концепциях Г. Маркузе, М. Хоркхаймера. Именно отчужденность и обезличенность техники вызывали опасения и влияли на формирование технопессимистических тенденций в обществе. Не только человеческое уходит из орудия, но и сам человек становится им, происходит «диалектическое переворачивание принципа господства, вследствие чего человек сам превращает себя в орудие той самой природы, которую он стремится подчинить себе»². Конвейер Форда на этом этапе олицетворяет все то

¹ Мэмфорд Л. Указ.соч. С. 154.

² Хоркхаймер М. Затмение разума. К критике инструментального разума. – М.: «Канон+» РООИ «Реабилитация», 2011. – С. 111.

техническое, что вызывает наибольшие страхи в обществе, прежде всего автоматизацию работы человека, лишение его статуса субъекта производства, придание ему статуса живой неидеальной машины, обслуживающей совершенные механизмы, в этой схеме «люди становятся техническими объектами»¹. Но субъект при этом не исчез из технического познания, а стал другим. Индустриальная эпоха с ее масштабными производствами, разделением труда, конвейером – это эпоха коллективного субъекта, представляющего систему индивидуальных субъектов, каждый из которых выполняет конкретную работу, не воспринимая процесс производства целиком.

В постиндустриальную эпоху подражание вышло за пределы механического, на данном этапе копируются логика, мышление, восприятие, даже эмоции. Искусственные системы имитируют устройство и работу кисти, ступни, органов чувств, мозга, сердца. Можно сказать, что человек творит вторую природу по своему подобию. Например, праворукость определила устройство и дизайн целых комплексов техники – от письменных принадлежностей до автострад, спроектированных для правостороннего движения. При этом одновременное наличие устройств для правой и для левой, безусловно, свидетельствует об уровне толерантности общества и готовности к восприятию других.

Дизайн технических объектов всегда отражает те или иные интересы их разработчиков и заказчиков. Э. Финберг для обозначения этого явления вводит понятие *design code*, под которым понимает такую направленность конструирования техники, которая «переводит социальные запросы в технические спецификации»². В итоге технический объект выступает у него как синтетический «автопортрет» социокультурной среды, в рамках которой он проектируется, воспроизводится и используется.

¹ Финберг Э. Средство как смысл // Эпистемология и философия науки. – 2011. – № 2. – С. 18.

² Финберг Э. Средство как смысл. С. 25.

Современные технические объекты в качестве оснований включают уже не только математические и физические знания, но и представления о человеческом восприятии, интеллекте, мышлении, других высших познавательных процессах. Более того, создаваемые артефакты «в большинстве случаев функционируют благодаря тому, что они устроены на базе законов человеческого мышления, которые воплощены в программах, управляющих этими артефактами»¹.

Сталкиваясь с новым гаджетом, приспособлением или программой, мы выясняем, в первую очередь, не ее физическое устройство, а «интеллектуальную начинку», то есть функции и алгоритмы, реализуемые данным устройством и управляющие им. Может ли в этом случае обратное конструирование дать представление об интеллекте человека, принципах его мышления? Однозначно ответить на этот вопрос нельзя, однако некоторые сведения о когнитивных особенностях человека получить можно. Специфика восприятия повсеместно учитывается в разработке информационных технологий: приоритет зрительно воспринимаемой информации, движение и быстрая смена картинки и другие приемы эффективны в силу нашего эволюционного прошлого.

Вместе с тем такой потенциал технических объектов в настоящее время крайне мало востребован частными науками и философией. Извлечение знаний, зафиксированных в форме технического объекта, представляет собой сложную эпистемическую практику, для рассмотрения которой нет универсальных методов и алгоритмов, но ее решение может значительно расширить горизонты понимания природы, человека и общества.

Пример обратного конструирования показывает, насколько богатое философское содержание имеют техническое знание и деятельность, рассматриваемые как эпистемическая практика. Выбранный подход позволил, опираясь на эпистемологический инструментарий, выявить ценностные, антропологические и социальные аспекты, что позволяет говорить о его

¹ Маркова Л.А. Артефакт – законы природы, артефакт – законы мышления // Эпистемология и философия науки. – 2011. – № 2. – С. 71.

потенциальной эффективности при анализе конвергентных технологий, для которых изначально характерны поиск новых эпистемологических принципов и приемов, нестандартных когнитивных практик и в то же время четкая ориентация на человека как объект и цель научно-технического познания.

Глава 2. Онтологические предпосылки и эпистемологические основания нано- и биотехнологий

2.1. Американский, европейский и российский подходы к формированию программ NBIC-конвергенции: сравнительный анализ

Тенденция к интеграции отдельных дисциплин стали одним из самых заметных явлений в науке XX в. Возникновение биофизики, молекулярной биологии, биохимии и других пограничных областей позволило осуществить прорыв в соответствующих областях. В то же время складывались изначально междисциплинарные и трансдисциплинарные подходы и методы, такие как кибернетика Н. Винера, общая теория систем Л. фон Берталанфи, исследования в области искусственного интеллекта и т.д. Безусловно, важнейшей инновацией стало появление информационных технологий, быстро получивших статус метатехнологий, т.е. технологий для производства нанотехнологий. Вычислительные машины дали мощный инструментальный работы с информацией и возможность автоматизации все более сложных и интеллектозатратных информационных процессов. Появившиеся в 80-е гг. нанотехнологии дали потенциальную возможность оперировать материей, конструировать и проектировать на молекулярном уровне. Эти технологические области к началу XXI в. стали определять развитие всех остальных технических областей и легли в основу программ развития конвергентных технологий.

В мае 2001 г. Национальный научный фонд США организовал рабочую группу, состоящую из ведущих ученых, инженеров, представителей бизнеса и государственных структур, перед которой была поставлена задача определения такого направления развития современной науки и технологий, которое позволит радикально улучшить возможности человека. Организаторы этой группы М. Роко и В. Бейнбридж сформулировали методологические основания формируемого подхода, исходя из того, что нанонаука и нанотехнологии дают беспрецедентно новый уровень понимания и управления материальными объектами вплоть до

мельчайших структур, которые можно рассматривать как «строительные блоки», дающие возможность конструирования необходимых человеку объектов на всех доступных уровнях организации материи. Поставленная задача радикального улучшения человека, его тела и возможностей, по мнению участников, становится решаемой при условии тесного взаимодействия и взаимного усиления нанотехнологий, биомедицины, информационных технологий и когнитивных наук (NBIC).

Термин «конвергенция» (от англ. convergence – сближение, схождение) является достаточно широким и часто применяется для описания междисциплинарных направлений. Биохимия, астрофизика, молекулярная биология, эволюционная медицина, компьютерная лингвистика, когнитивная психология могут рассматриваться как результат конвергенции ранее самостоятельных научных областей. В области информационных технологий под конвергенцией, как правило, понимают многофункциональность и многозадачность, т.е. объединение в одном устройстве разных методов работы с различными типами данных. В журналистике говорят о конвергенции, когда издательский процесс интегрирует печатные, теле-, радио- и Интернет-издания. Историки техники под конвергенцией имеют в виду ситуацию, когда технический прогресс со временем вызывает социальные перемены и сам же ими управляется.

В философской и междисциплинарной литературе последнего времени принято при анализе конвергенции определять ее как «схождение», «сближение» современных технологий, подчеркивая размывание грани между отдельными направлениями, научной и технической деятельностью, естественным и искусственным. В то же время, как справедливо отмечает В.И. Аршинов, суть конвергенции отнюдь не исчерпывается сближением технологий, а подразумевает их взаимное усиление, т.е. такую ситуацию, когда развитие одной области существенно стимулирует продвижение другой, которая, в свою очередь, может

влиять на первую¹. Вопрос о том, представляет ли NBIC-конвергенция качественно новое состояние научно-технической сферы, связан именно с этим аспектом, а именно с тем, какие преимущества NBIC имеет перед N, B, I и C в отдельности.

Большое значение в программах NBIC-конвергенции придается термину «enabling technologies», перевести который можно как «передовые технологии», но точнее будет сказать «стимулирующие технологии», поскольку здесь имеются в виду те направления, которые могут стать основой для широкого спектра технических решений, «разблокировать огромный потенциал и открыть дверь радикально новым технологическим разработкам»². Таким образом, NBIC-технологии понимаются как конвергентные в том смысле, что они сближаются в объектно-предметном и методологическом плане, а развитие каждой из них взаимно усиливает друг друга, и как ключевые, стимулирующие, имея в виду то, что их рост подготавливает почву для последующих инноваций.

Первая конференция по тематике NBIC состоялась в декабре 2001 г. и сразу же показала степень заинтересованности бизнеса, государства, в первую очередь армии, в развитии конвергентных технологий. Тот факт, что с самого начала в NBIC-проект включились не только академические организации, но и NASA, DARPA, крупнейшие бизнес компании, такие как IBM и HewlettPackard, дало в дальнейшем основания критикам американской программы упрекнуть ее авторов в сугубо прагматический, коммерческой направленности. По итогам мероприятия была издан первый сборник работ, посвященных анализу различных аспектов

¹ Аршинов В.И. Конвергентные технологии (НБИКС) и трангуманистические преобразования в контексте парадигмы сложности // Глобальное будущее 2045. Конвергентные технологии (НБИКС) и трансгуманистическая эволюция. Под ред. проф. Д.И. Дубровского. – М.: ООО «Издательство МБА», 2013. – С. 94–106.

² Nordmann A. Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies. – Luxembourg: European Communities, 2004. – P. 19.

NBIC-конвергенции¹.

Давая общий обзор издания, его авторы определяют круг ключевых вопросов, в контексте которых и рассматриваются конвергентные технологии: каковы последствия интеграции науки и конвергентных технологий; как будут развиваться научные знания и современные технологии и как спрогнозировать это развитие; какие инновационные идеи могут направлять исследования для улучшения человечества; какие вопросы являются наиболее актуальными для науки и образования; как должна развиваться национальная стратегия улучшения индивидуальных возможностей человека и потенциала общества в целом; что нужно сделать, чтобы достичь наилучших результатов в ближайшие десятилетия²?

В работе отмечается, что современная наука достигла того рубежа, когда дальнейший рост возможен только при условии гораздо более тесной интеграции науки и технологий, фокусирующихся на возможностях и потребностях человека. В основе NBIC-программы лежат четыре фундаментальных принципа, а именно материальное единство мира на наноуровне, понимание NBIC-технологий как трансформативных инструментов, рассмотрение мира и познания в терминах иерархических сложных систем и улучшение возможностей человека как основная задача проекта. Последний принцип является во многом определяющим для всей программы. По сути, впервые в истории техники критерием ее развития является не усложнение устройств, расширение спектра используемых материалов, увеличение производительности труда или объемы выпускаемой продукции, а то, в какой мере создаваемые технологии способствуют жизнедеятельности и развитию человека.

¹ Roco M., Bainbridge W.S. (Eds.). *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. – Washington, DC: National Science Foundation and Department of Commerce, 2002.

² Ibid. – P. 9–10.

Наиболее примечательным является то, как именно в данной работе показано понимание задачи улучшения человеческих возможностей. Предложенный подход выглядит достаточно радикальным, смело выдвигаются идеи кардинальных телесных, социальных и экономических преобразований. Основным объектом и целью научного и технического познания является непосредственно человек, его здоровье, продолжительность жизни, телесные и интеллектуальные способности.

Выявляется 15 социальных инноваций, которые могут осуществиться уже через 10–20 лет (2012–2022 гг.) при благоприятных условиях для развития конвергентных технологий. К ним относятся технологические новации, такие как высокоскоростные прямые интерфейсы между человеческим мозгом и машинами, удобные носимые сенсоры и компьютеры; роботы и программные агенты станут намного полезнее, потому что они будут действовать с учетом целей, знаний и личности конкретного человека; машины и конструкции всех видов, от зданий до самолетов, будут конструироваться из экологически чистых энергоэффективных материалов с точно заданными свойствами, включая возможность адаптации к изменяющимся условиям.

В области здоровья человека прогнозируется, что человеческое тело станет более прочным, здоровым, энергичным, проще «ремонтирующимся», устойчивым ко многим видам стресса, биологическим угрозам и процессам старения; сочетание технологий и условий жизни компенсирует многие физические и ментальные ограничения, искоренив также некоторые барьеры, которые мешают нормальной жизни миллионов людей.

Среди социальных изменений отмечается, что люди из любого окружения независимо от способностей смогут получать новые знания и навыки более надежно и быстро; индивидуалы и рабочие коллективы смогут общаться и выгодно сотрудничать, преодолев традиционные культурные, языковые и географические барьеры, профессиональную специализацию; обычный человек наравне с должностными лицами получит значительно большую степень осведомленности о когнитивных, социальных и биологических силах, влияющих

на его жизнь, а предоставляемая информация будет оформлена наиболее эффективным способом для конкретного индивидуума. Развитие конвергентных технологий также поможет повысить национальную безопасность, эффективность управления экономическими процессами.

Явная трансгуманистическая направленность проекта проявляется как в постановке целей программы, так и в терминологии. Реконструкция человека, усиление человеческих возможностей, улучшение человека, создание пост-существ, выход человечества на качественно новый уровень не только технологического, но и ценностного развития задают общий вектор программы и определяют смысл конвергентного роста: «Двигаясь вперед одновременно по всем из возможных путей, которые предоставляют современные технологии, мы можем достичь нового золотого века, который стал бы поворотной точкой для изменения качества жизни и возможностей человека. Конвергенция технологий может стать основой для конвергенции человечества... Двадцать первый век может закончиться в мире, где больше нет войн, но есть всеобщее процветание, а человечество вышло на более высокий уровень милосердия и благополучия. Трудно подобрать правильную метафору, чтобы увидеть на столетие вперед в будущее, но ею может стать образ человечества как единого распределенного и взаимосвязанного «мозга», базирующегося на новых принципах организации общества»¹.

При этом важно не потерять за вызывающей большие споры трансгуманистической риторикой принципиальное методологическое достижение. NBIC-программа стала одним из немногих масштабных проектов, в котором четко сформулированы цель и смысл технологического роста, состоящие не в экономическом развитии или преобразовании природы, а в улучшении качества жизни человека. При этом предложен вариант трактовки этого понятия

¹ Roco M., Bainbridge W.S. (Eds.). *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. – P. 6.

как единства телесного и психического здоровья, максимальной реализации человеческого потенциала, построения благоприятной окружающей среды, продуктивного и безопасного социального взаимодействия.

Условием для достижения такого результата называется построение концепции и идеологии нового Возрождения, охватывающего все уровни и сферы общества, началом для которого должно служить научное сообщество. Полтысячи лет назад, в эпоху Возрождения, ведущие ученые работали во многих научных областях одновременно, что дало возможность концептуальных изменений в искусстве, технике, мировоззрении и создало условия для возникновения новоевропейской науки. Современные ученые и инженеры, имеющие строгую специализацию, ограниченную узким и конкретным проявлением деятельности человека, в большинстве случаев не способны выйти за пределы своей профессиональной сферы и системно подойти к пониманию человека и человечества. NBIC-программа при этом выступает не просто междисциплинарной площадкой для взаимодействия специалистов, она должна привести к возникновению направлений и исследований нового типа, изначально существующих в трансдисциплинарной парадигме, т.е. целью программы становится «конвергенция знания, а не только конвергенция технологий»¹.

Подход, традиционно характерный для философии, когда проблематизация осуществляется независимо от естественнонаучного или социально-гуманитарного предмета исследований, а сосредотачивается на объекте как таковом, становится востребованным в науке второй половины XX в. Точкой отсчета трансдисциплинарных исследований, таким образом, становятся не предметы исследований, а проблемы. В ситуации, когда жесткая граница между дисциплинами размывается из-за появления общих проблем, методологического взаимодействия, языкового и коммуникативного обмена, а актуальность и необходимость координации и интеграции достигают высокого уровня,

¹ Knushf G. The Ethics of NBIC Convergence // Journal of Medicine and Philosophy. – 2007. – № 32. – P. 186.

специалисты из различных областей необходимо вынуждены ставить общие задачи и искать пути их совместного решения. Методологические изменения в науке конца XX – начала XXI в., связанные с возрастанием роли моделирования, в т.ч. компьютерного, прогнозирования, конструирования и других проблемно-ориентированных форм исследовательской деятельности, привели к тому, что происходит «многомерная трансгрессия дисциплинарного знания за границы своей классической самоидентификации за счет усложнения как предмета, так и методов исследования»¹.

Необходимо отметить, что тенденции к сближению и взаимному усилению неоднократно возникали в истории науки и техники и сменялись периодами дифференциации. Рокко рассматривает интегративные и дезинтегративные процессы как свойственные науке на всех этапах ее развития, он утверждает, что «существует сквозной процесс конвергенции и дивергенции в основных области науки и техники»². Так, конвергенция в науке на макроуровне была характерна для эпохи Возрождения, на смену ей пришла дифференциация научного и технического знания в XVIII–XIX вв. Следующую волну конвергенции он связывает с открытием элементарных частиц и введением метода моделирования в научное познание. Дифференциацию в XX в. олицетворяет разделение аналоговых и цифровых вычислительных платформ. В 2000-е годы основой для конвергенции технологий служит принцип единства мира в наномасштабе и тотальное внедрение информационных технологий. Его суть состоит в том, что «типичные явления в материальных наноструктурах можно измерить и понять с

¹ Knushf G. The Ethics of NBIC Convergence. – P. 186.

² Roco M. The emergence and policy implications of converging technologies // Managing nano-bio-info-cogno: converging technologies in society. National Science and Technology Council's Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology, 2005. – P. 11.

помощью нового набора инструментов, которые, в свою очередь, рассматриваются как основа биологических систем, нанотехнологий и коммуникаций»¹.

Единство мира в наномасштабе выступает методологическим базисом для построения новых способов конструирования, архитектуры, инженерии, при которых «молекулы будут использоваться в качестве устройства, в зависимости от их структуры они будут реализовывать принципиально новые функции, которые будут использоваться в информационных, биологических, и интеллектуальных системах»². Основные задачи данного направления состоят в разработке методов атомарного конструирования молекулярных и сверхмолекулярных систем; контроле взаимодействия света и материи в отношении процессов передачи энергии; использовании наносистем для обеспечения оптимального функционирования биологических систем, в т.ч. для улучшения здоровья человека; создании человеко-машинных интерфейсов новых поколений. Основой для интеграции и конвергенции технологий становятся разработка и использование универсальных подходов и инструментов управления объектами, базирующихся на принципе единства мира в наномасштабе. Трансдисциплинарность НБИК обеспечивается, таким образом, фундаментальными методологическими принципами самой программы.

В связи с этим большое значение придается изменению системы образования, которая так же должна быть трансформирована в сторону преодоления дисциплинарности. Таким образом, конвергенция науки и технологий может «инициировать новый ренессанс, воплощая целостное представление о технологии, основывающееся на осмыслении техники как инструмента трансформации, математике сложных систем, едином причинно-следственном понимании физического мира от наноуровня до планетарного

¹ Roco M. The emergence and policy implications of converging technologies. – P. 11.

² Ibid.

масштаба»¹.

После выхода первого отчета программа NBIC-конвергенции в США получила ряд крупных финансовых вливаний и утвердилась как новое академическое направление. В отчете 2005 года несколько меняется стиль изложения и смягчаются трансгуманистические высказывания. Само название «Управление нано-био-инфо-когно инновациями: конвергентные технологии и общество»² подчеркивает изменение общего вектора программы. Это также прослеживается и в структуре работы, основную часть которой составляют разделы, посвященные роли конвергентных технологий в построении новой политики и инновационной экономики; анализу культурных вызовов NBIC; роли новых технологий в развитии территорий; коэволюции бизнеса и технологий; этическим и правовым вопросам.

Расширение проблематики и круга задач программы нашло свое отражение в дорожной карте по развитию NBIC технологий, общества в целом и его областей: политики, экономики, образования и др. В ней поставлены задачи создания новых революционных инструментов и продуктов; изменения повседневных возможностей человека в сторону роста эффективности работы, ускоренного обучения и повышения производительности коллективной деятельности; изменения организации и бизнес-модели; создания НБИК науки и технологических платформ; стимулирования коэволюции новых технологий и человека; разработки «универсальной информационной сферы обмена» идеями, моделями, культурными достижениями. Итогом проекта должны стать шесть принципиальных социальных изменений: расширение возможностей познания и

¹ Roco M., Bainbridge W.S. (Eds.). *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. – P. 10.

² Roco M., Bainbridge W. *Managing nano-bio-info-cogno: converging technologies in society*. National Science and Technology Council's Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology. – Dordrecht.: Springer, 2005. – 398 с.

коммуникации; значительное улучшение человеческого здоровья и возможностей; рост социальных инноваций, в том числе новых продуктов и услуг; изменение общественных отношений, в том числе моделей построения бизнеса и различных общественных организаций, пересмотр политики в отношении R&D инвестиций (т.е. вложения денег в исследования и развитие), создание научных и технических платформ; значительное укрепление национальной безопасности; объединение науки и образования¹.

Вскоре после первой конференции по NBIC-технологиям, сразу несколько стран создали собственные рабочие группы по данной тематике и сформировали национальные проекты. Так, в 2002 г. в Канаде управление Defence R&D Canada (DRDC), занимающееся поддержкой программ оборонно-промышленного комплекса, сформировало перечень NBIC-технологий и продуктов для нужд армии, к которому были отнесены «интегрированный шлем с функцией улучшения слуха, приборы ночного видения, коммуникативные технологии, технологии физической и аудиальной защиты, обеспечивающие более высокий уровень тактических возможностей и полевой работы»².

Любопытный пример локального национального проекта был предложен в Норвегии, где в рамках программы развития конвергентных технологий был сделан упор на продуктивную биологию. При этом цель проекта обозначена как «Конвергенция технологий для производства лосося в водной среде – биоинформатика, науки об окружающей среде, теория систем, геномика лосося, продуктивная биология, экономика». NBIC-конвергенция при этом выступает как основа для построения нового производства, направленного на преодоление разрушения естественной среды обитания представителей биосферы и утраты

¹ Roco M., Bainbridge W. Managing nano-bio-info-cogno: converging technologies in society. – P. 15.

² Contract Report CR-2004-001 (April). [On-line] Available at www.drdc-rddc.gc.ca, accessed December 1, 2006.

биоразнообразие на суше и на море¹.

Европейский союз в декабре 2003 г. создает экспертную группу «Foresighting the New Technology Wave» под руководством К. Бруланд и А. Нордманна, состоящую из 25 крупнейших специалистов из различных стран и предметных областей, которая в 2004 г. выпускает отчет «Конвергентные технологии: формирование будущего европейского общества»². В данном отчете была определена специфика европейского взгляда на цели и направления развития конвергентных технологий, дано название европейской NBIC-программы: «Конвергентные технологии для европейского общества знания» (СТЕКС)³.

Цель работы экспертной группы состояла в определении потенциала и риска конвергентных технологий, анализе возможностей их применения для преобразования окружающей среды и решения политических задач. В отчете было введено понятие «преобразующего потенциала» конференции, подразумевающее определение круга приложений конвергентных технологий, которые могут решить ряд социальных проблем, представляя тем не менее определенную угрозу для культуры и традиций, безопасности человека, политической и экономической стабильности.

Под конвергентными технологиями здесь понимаются «передовые технологии и системы знаний, способные усиливать друг друга на пути к достижению общей цели»⁴. Сохраняется ориентация на нанотехнологии как методологическую основу NBIC, позволяющую конструировать объекты на

¹ Larsen P.B., Ahlqvist T., Friðriksson K. Applying Technology Convergence for Innovation in Nordic regions. – Oslo.: Nordic Innovation Centre, 2007. – 49 p.

² Nordmann A. Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies. – Luxembourg: European Communities, 2004. – 65 p.

³ Converging Technologies for the European Knowledge Society (СТЕКС).

⁴ Nordmann A. Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies. – P. 16.

основе принципа единства мира в наномасштабе и управлять ими. Биотехнологии усиливают остальные направления через исследование химико-физических и алгоритмических структур в живых системах, что может быть использовано для развития наноробототехники, информационных технологий и когнитивных наук. Информационные технологии дают возможность описания любых физических состояний и процессов как информационных и их обработки при помощи вычислительных методов.

В отличие от американского проекта европейский подход не ограничивает гуманитарную составляющую NBIC когнитивной наукой, а обосновывает необходимость включения науки об окружающей среде, теории систем, социальных наук, в том числе философии, экономики и права. При этом Нордманн показывает, что самые сложные проблемы в конечном итоге будут иметь когнитивное, социальное и экономическое измерение. Например, развитие биомедицины и нанотехнологий позволит менять физиологию человека вплоть до генетического уровня, но многие из заболеваний коренятся в эмоциональной сфере личности. Способны ли будут биотехнологии лечить психосоматические заболевания? Томографы и методы нейроинформатики позволят собирать наиболее полную информацию о состоянии организма, устранять физиологические проблемы вплоть до отдельного нейрона и кровеносного сосуда, но самое важное, а именно обучение мозга, требует активности человека и благоприятной социальной среды, без которых усиление возможностей индивида вряд ли возможно.

Цели европейской программы существенно отличаются от американской, они сформулированы на основе Декларации Столетия, принятой Генеральной Ассамблеей ЕС в 2000 г.¹: обеспечение и защита стареющего населения; раскрытие человеческого потенциала через обучение в течение всей жизни и инновации; создание динамичной и открытой европейской экономики,

¹ United Nations Millennium Declaration [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.un.org/millennium/declaration/ares552e.pdf>(дата обращения: 23.07.2014).

основанной на знаниях; борьба с локальной и общемировой экологической деградацией; устойчивое развитие и гарантирование лучшего качества жизни для будущих поколений; защита от преступности; формирование более открытой и стабильной международной экономики; создание возможностей для управления международными кризисами и обеспечения гуманитарной помощи¹.

В целом европейский подход отличает скептическое и критическое отношение к идеям американской программы. Не отрицая стратегической важности нанотехнологий, биомедицины, информационных технологий и когнитивных наук для общества и государства, его авторы ставят под сомнение цель NBIC-конвергенции, сформулированную Роко и Бейнбриджем как «усиление возможностей человека», в которой они видят потенциальную угрозу для европейского общества. Отвергая любые попытки радикального вмешательства технологий в физиологию человека и его гибридизации, Нордманн подчеркивает свою позицию, заявляя, что должны быть «не технологии ума и тела, а, скорее, технологии для ума и для тела»²; не «проектирование разума», а «проектирование для разума»³.

Делегирование машинам все больших прав для принятия решений неизбежно ставит вопросы о сохранении человеческого достоинства, неприкосновенности и самостоятельности. Освобождение людей от необходимости решать повседневные задачи может привести к потере знаний и навыков, потере независимости и отсутствию чувства ответственности. Жизнь или смерть человека тоже могут стать сферой принятия решений машинами, и это, безусловно, отразится на этическом и социальном укладе. Еще большую обеспокоенность авторы европейской NBIC-программы высказывают относительно преодоления «пределов человека» как превращения человечества в

¹ Nordmann A. Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies. – P. 22–23.

² Ibid. –P. 21.

³ Ibid. – P. 26.

огромную распределенную вычислительную машину, образ которой, по их мнению, отсылает к «бессмысленному механистическому миру, в котором нет подлинного нравственного выбора»¹.

Кроме того, необходимо учитывать, что геополитические и экономические интересы могут стимулировать разработку изначально неэтичных технологий, таких как биологическое оружие, технологии промышленного шпионажа, автономные роботы-шпионы или роботы-убийцы, средства изменения и дистанционного управления волей и сознанием человека и т.д., часть из которых описана в стратегических документах². Помимо террористической опасности возникает угроза новой гонки вооружений, многие из видов которого способны действовать, в отличие от ядерного оружия, незаметно, усугубляется отсутствием системы сдержек и противовесов, международных правовых норм и договоренностей.

Конвергентные технологии наиболее ярко выражают конструктивную природу человека. Традиционное существование общества в мире природы и в мире культуры как «второй природы» заменяется существованием в искусственной среде. Культура, хотя и являлась преобразованной человеком природой, представляла собой значительно более мягкий вариант трансформаций, основанных скорее на отборе тех или иных естественных состояний, селективном культивировании и иных преобразованиях природы. Искусственная среда, построенная на принципе единства мира в наномасштабе, развитии разумного окружения и глобальных вычислительных сетей, представляет собой не вторую природу как надстройку над первой, а вторую природу вместо первой. Если функция культуры в широком смысле состояла в утверждении человеческого в

¹ Nordmann A. Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies. – P. 32.

² Нордманн и ряд других авторов ссылаются на документ «Converging technologies for domination on the battlefield» (p. 33) – «Конвергентные технологии для доминирования на поле боя», однако найти в открытом доступе его не удалось.

мире, то современный гибридный мир отражает торжество машины как главного выражения человеческого.

Тем не менее неизбежность социальных трансформаций в эпоху быстрого технологического роста, наглядно продемонстрированная изменениями, вызванными информационной революцией конца XX в., определяет тональность критики преобразующей сущности техники. Нордманн отмечает, что с развитием конвергентных технологий общество столкнется с гораздо более частыми и глубокими преобразованиями человека, социальных групп и их самосознания, поскольку они меняют «традиционные границы между самостью, природой и социальной средой»¹.

Обсуждение целей и задач NBIC-конвергенции в отечественной литературе осуществляется многогранно, с технических, экономических, философских, культурологических и других позиций. Одним из основных отличий российского подхода является рассмотрение конвергентных технологий как основания технологического уклада, соответствующего шестому большому экономическому циклу Кондратьева.

Выдающийся русский экономист Н.Д. Кондратьев в 20-е гг. XX в. на основе обобщения большого количества эмпирических данных сформулировал идею наличия в экономике длинных циклов экономической конъюнктуры по 40–60 лет каждый². В более поздних работах он определил в качестве основы цикла новую производственную функцию – инновацию как результат внедрения какого-либо изобретения, товара, формы организации и т.п., имеющий значительных экономический, научно-технологический или социальный эффект.

¹ Nordmann A. Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies. – P. 31.

² Примерно в это же время австрийский экономист Й. Шумпетер в работе «Теория экономического развития», также отмечая наличие долгосрочных экономических колебаний, объяснил их техническими новшествами и усовершенствованиями, развитием инфраструктуры и освоением новых ресурсов и территорий.

Наибольший экономический рост наблюдался в период четвертого большого цикла Кондратьева (БЦК), в 1940–1980-е гг., ядром которого стали автоматизация производства, нефтеугольная и атомная энергетика, изобретение ЭВМ и компьютеризация, авиа- и автомобилестроение и глобальная связь. Пятый большой экономический цикл Кондратьева основывается на инновациях, появившихся на предыдущем этапе и определяется преимущественно развитием информационных и биотехнологий, микроэлектроники и робототехники. Ключевой социальной инновацией в этот период явилось становление информационного общества, глобальных компьютерных и социальных сетей. Тот факт, что в последние 30–35 лет произошло замедление темпов экономического развития (падение среднегодовых темпов роста валового внутреннего продукта (ВВП) в мире с 4,9% в 1948–1973 гг до 3,1% в 1973–2001 гг., 2,1% в 2013 г.) связывается с тем, что ключевые инновации, т.е. информационные технологии, являются производными от инноваций четвертого экономического уклада¹. Это подтверждается также снижением доли инвестиций в ВВП и их эффективности в указанный период.

В начале 2000-х гг. во время кризиса отрасли информационных технологий, в научной литературе была начата дискуссия о перспективных направлениях технического развития, которые могли бы стать основанием следующего технологического уклада, соответствующего шестому большому экономическому циклу и позволили бы преодолеть экологические, экономические, энергетические и социальные проблемы, накопившиеся к началу XXI в. Сформировалось две основных позиции по этому вопросу, а именно идея замедления темпов технического прогресса и использования остаточного потенциала инноваций наиболее продуктивного четвертого технологического уклада и концепция прорывных (критических) конвергентных технологий, способных вызвать

¹ Акаев А., Рудской А. Синергетический эффект NBIC-технологий и мировой экономический рост в первой половине XXI в. // Экономическая политика. – 2004. – № 2. – С. 30.

мощный рост экономики. При этом первым кандидатом на роль ключевой инновации стали нанотехнологии, которые, начавшись в 1985 г. с открытия фуллерена, к настоящему времени подходят к стадии активного внедрения на рынок.

К середине 2000-г. NBIC-технологии повсеместно начинают связываться с шестым технологическим укладом, к основным инновациям которого также относят альтернативную энергетику, глобальные промышленные сети, генную инженерию, нанофотонику, технологии построения гибридных систем. Можно заметить, что, как и в случае пятого технологического уклада, базисные технологии возникли на предыдущем этапе технического роста, поэтому высказывались мнения о невысоких темпах экономического развития. Принципиальное отличие здесь составляет сама конвергенция, которая может дать синергетический эффект взаимного стимулирования направлений, входящих в ее структуру¹. По различным оценкам синергетический эффект за счет конвергентных технологий может составить до 20% прироста ВВП в период шестого цикла Кондратьева².

¹ К примеру, доля синергетических эффектов в экономике США в период 4-го БЦК (1948–1973 годы составила 34,6% прироста ВВП, в период 5-го БЦК (1982–1996 годы) вклад синергетических эффектов снизился почти в три раза – до 11,9% во многом в связи с переносом производств в развивающиеся страны и изменением соотношения капитала и труда. См. Jorgenson D., Stiroh K. Information Technology and Growth // American Economic Review. 1999. – Vol. 89. – № 2. – P. 109–115.

² Акаев А., Рудской А. Синергетический эффект NBIC-технологий и мировой экономический рост в первой половине XXI в. – С. 41.

Как ядро будущего шестого технологического уклада нано-, био-, информационные, когнитивные технологии вошли в перечень критических технологий Российской Федерации¹.

Одной из первых принятых на государственном уровне программ развития конвергентных технологий стала Национальная программа «Развитие биотехнологии в России на 2006–2015 гг.», принятая в 2004 г.². Ее основой стали проекты, развивавшиеся в рамках ФЦНТП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники» на 2002–2006 гг. финансировались такие направления, как «Геном человека», «Биологическое разнообразие», «Генодиагностика и генотерапия», «Вакцинопрофилактика», отдельные проекты в области сельскохозяйственной биотехнологии (генно-модифицированные растения и др.). В 2012 г. была утверждена Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года³, в 2013 г. принята дорожная карта «Развитие биотехнологий и генной инженерии»⁴. Необходимо отметить, что понимание значимости биотехнологий имело место еще в СССР, где 30–40 лет назад уже наметилась тенденция к замене

¹ Перечень критических технологий Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://kremlin.ru/ref_notes/988 (дата обращения 27.07.2014).

² Национальная программа «Развитие биотехнологии в России на 2006–2015 гг.» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.biorosinfo.ru/papers-society/National%20Program_and_Appendix1.pdf (дата обращения: 15.08.2012).

³ Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.economy.gov.ru/minec/activity/sections/innovations/development/doc20120427_06 (дата обращения: 15.08.2012).

⁴ Развитие биотехнологий и генной инженерии. Дорожная карта [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://government.ru/media/files/41d47b5e0ae078ee508b.pdf> (дата обращения: 15.08.2012).

химических продуктов биологическими. Тогда были созданы крупные промышленные предприятия, система отраслевых и академических научных центров, в сельском хозяйстве, пищевой и химической промышленности активно внедрялись новые биологические препараты, однако развитие этого направления сильно пострадало в условиях общего спада науки после распада СССР. В силу высокой стоимости и трудности производства биотехнологических продуктов они вновь стали заменяться химическими, а соответствующие исследования были признаны коммерчески неперспективными. В результате в настоящее время Россия до 80 % биотехнологической продукции в настоящее время закупает из-за рубежа, а значительная часть производимых в России продуктов создается малыми партиями и в лабораторных, а не производственных условиях.

В 2007 г. была опубликована Президентская инициатива «Стратегия развития наноиндустрии»¹. На её основе в 2008 г. была разработана Программа развития наноиндустрии в Российской Федерации до 2015 года², в которой было обозначено отставание России от стран-лидеров в области нанотехнологий и сформулирована цель реализации программы – создание высокотехнологичного российского сектора наноиндустрии, способного конкурировать с экономически развитыми странами мира на внутреннем и внешнем рынках нанопродукции в ключевых областях обеспечения обороноспособности, технологической безопасности и экономической независимости государства, повышения качества жизни населения.

В 2009 г. на базе Научно-исследовательского центра «Курчатовский институт» был создан Курчатовский центр нано-, био-, инфо-, когнитивных

¹ Президентская инициатива «Стратегия развития наноиндустрии». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zakonbase.ru/content/nav/137451> (дата обращения: 27.07.2014).

² Программа развития наноиндустрии в Российской Федерации до 2015 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mail.google.com/mail/ca/u/0/?shva=1#inbox> (дата обращения: 06.08.2014).

(НБИК) наук и технологий, цель которого обозначена как «получение новых знаний в области конвергентных нано-, био-, инфо- и когнитивных наук, разработка и создание устройств и систем, обеспечивающих формирование научного задела принципиально нового технологического базиса, включая прототипы антропоморфных технических систем на гибридной и биоподобной компонентной базе, создание и эксплуатация исследовательско-технологических комплексов сверхпроводимости, нейрокогнитивных исследований воздействия различных видов излучений, частиц и полей на нервную систему и ее функции и моделирование биологических и гибридных нейрональных систем и др.»¹.

Исследовательская инфраструктура Центра включает в себя, в частности, источники синхротронного излучения и нейтронов, современное оборудование для электронной и зондовой микроскопии, белковой кристаллографии, протеомики, геномных исследований, нейронаук и когнитивных исследований, отдел прикладных нанотехнологий и технологический комплекс твердотельной микроэлектроники, мощный суперкомпьютерный вычислительный центр обработки данных и др.²

Основная цель конвергенции четырех направлений – формирование новой технологической культуры, нацеленной на создание гибридных материалов и систем на их основе. Под гибридными системами в данном здесь понимается новое поколение антропоморфных систем бионического типа, «воспроизводящих, в конечном итоге, конструкции живой природы – биоробототехнические системы»³. Для этого в Курчатовском НБИК-центре создана научно-технологическая платформа «ГИБРИД», основной задачей которого является

¹ <http://www.nrcki.ru/pages/main/5354/5916/5367/index.shtml>.

² Ковальчук М. Наука и жизнь: моя конвергенция. Том 1. Автобиографические наброски. Научно-популярные и концептуальные статьи. – М.: ИКЦ Академкнига, 2011.

³ Ковальчук М.В. Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее // Российские нанотехнологии. – 2011. – № 1–2. – С. 20.

интеграция микроэлектронных и органических элементов в гибридные биоэлектронные системы. Также в Центре функционируют подразделение нанобиотехнологий, которое включает в себя генно-инженерную и иммунологическую лаборатории, лаборатории стволовых клеток и клеточных технологий и др.; кристаллографическое отделение; «белковую фабрику», суперкомпьютерный центр; подразделение когнитивных исследований и технологий и ряд других отделов. Созданный в 2009 г. на базе Московского физико-технического института факультет нано-, био-, информационных и когнитивных технологий (ФНБИК) является одним из первых в мире факультетов, выпускающих специалистов данного профиля.

Следует обратить внимание, что в более поздних документах, таких как опубликованная в 2012 г. Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года, список ключевых конвергентных технологий сокращен.

Исключение когнитивных исследований из списка ключевых технологий, по-видимому, связано с тем, что когнитивная наука только входит в стадию превращения в технологии и не может, по мнению аналитиков, дать ощутимый экономический эффект в ближайшем будущем. Вместе с тем очевидно, что исследования мозга в последние несколько лет признаются ведущими научными сообществами мира в качестве ключевой научной проблемы XXI в., и без поддержки на государственном уровне это направление в России не сможет развиваться на мировом уровне.

В заключение можно отметить, что несмотря на активное обсуждение тематики, связанной с конвергентными технологиями, в российском академическом, образовательном и управленческом сообществе, единая программа развития данного направления отсутствует. Складывается ситуация, когда конвергенция присутствует в именовании, но, к сожалению, содержание,

скрывающееся за ней, не соответствует названию¹. Разработанные и внедряемые программы развития отдельных направлений не демонстрируют системного подхода, который мог бы привести к синергетическому эффекту в смежных областях. Продолжающееся реформирование российской науки создает дополнительные трудности, а существующая законодательная база, регулирующая, в частности процедуру приобретения оборудования и расходных материалов, зачастую делает невозможным проведение исследования, например, связанного с биотехнологиями.

Приведенные различия между подходами не означают расхождения в понимании значимости развития конвергентных технологий. За прошедшее с возникновения первой программы время NBIC-конвергенция оказала значительное влияние на становление крупных исследовательских проектов, в частности изучение мозга, трансформацию информационных технологий, возникновение Интернета вещей, поворот к четвертой промышленной революции, стала объектом философских исследований и гуманитарной экспертизы. Открытым остается вопрос о будущем, формирующемся под влиянием технологического роста, в связи с чем философские исследования данной проблематики как никогда актуальны.

¹ К примеру, по заказу Министерства образования и науки Российской Федерации на базе Московского государственного университета печати имени Ивана Федорова создан Федеральный информационный центр конвергентных технологий (ФИЦКТ), имеющий при этом достаточно узкую направленность, связанную с аккумуляцией информационных ресурсов для сферы профессионального образования. Содержание данного портала, если и имеет отношение к НБИКС-технологиям, то очень отдаленное.

2.2. Онтологические и эпистемологические особенности нанотехнологий: принцип единства мира в наномасштабе, неоредукционизм и конструктивизм

Научно-технический процесс в литературе часто описывается с использованием термина «революция», под которой может пониматься смена научных теорий, парадигм, картин мира или что-то еще. Однако несомненно, что структура научно-технических революций является намного более сложной. Концептуальные научные революции, предполагающие фундаментальные изменения в понимании мира, цели и задач науки, способов научного познания, весьма редки в истории науки. Наряду с ними выделяются технические (по сути – промышленные) революции, связанные с внедрением какого-либо открытия или изобретения (или их совокупности) и радикальным изменением вследствие этого способа производства, технического уклада и общества в целом. При этом в литературе часто упускается из вида третий вид – инструментальные революции, которые происходят гораздо чаще, примерно каждые 10–20 лет. Именно они оказывают в конечном итоге определяющее влияние на развитие науки и техники, наступление промышленных и научных революций.

Несомненным примером инструментальной революции явилось создание в конце XX в. наноразмерных (10^{-9} м) искусственных систем, которых на данный момент синтезировано более нескольких сотен типов. Три известных уровня организации материи, микро-, макро- и мегамир, дополнились еще одним – наноуровнем («мир потерянных величин»), в котором сочетаются свойства как микрообъектов, так и макроструктур. На этом уровне объекты «идентифицируются лишь по их предельно общим онтологическим свойствам – размерам, причем безотносительно к их природе»¹.

¹ Горохов В.Г. Нанотехнология – новая парадигма научно-технической мысли. – С. 36–41.

Наносистемы подчиняются квантовым и стохастическим закономерностям, находятся в состоянии, далеком от равновесия, при этом их формы зачастую не соответствуют формам природных нанообъектов, то есть создаются принципиально новые технологии конструирования объектов и управления ими на уровне микромира. Возникает новое направление в технических науках – наносистемотехника, целью которой являются «фундаментальные исследования, направленные на создание принципиально новых технологических процессов и продуктов»¹.

Идею возможности подобного конструирования еще в 1959 г. обозначил Р. Фейнман в своем знаменитом выступлении «Там внизу полным-полно места» в Калифорнийском технологическом институте на Рождественском обеде Американского физического общества. Обратив внимание на то, что биологические системы атомно-молекулярного уровня самостоятельно осуществляют разнообразные действия, меняют свою форму и химические свойства, записывают, обрабатывают и используют информацию, Фейнман провел анализ того, какие возможности даст человеку технология создания искусственных систем с подобными свойствами, и каковы условия получения этой возможности. В противовес миниатюризации как количественному уменьшению размеров он ставит вопрос: «почему бы не научиться обрабатывать микроскопические объекты точно так же, как обрабатываются большие изделия, т. е. научиться штамповать или отливать их, сверлить в них отверстия, резать, паять и т. п.»². Если все известные человечеству методы конструирования основывались на использовании уже сформировавшимся естественным путем

¹ Белая книга по нанотехнологиям: Исследования в области наночастиц, наноструктур и нанокомпозитов в Российской Федерации (по материалам Первого Всероссийского совещания ученых, инженеров и производителей в области нанотехнологий). – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 30 с.

² Фейнман Р.Ф. Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики // Российский химический журнал. – 2002. – № 5. – С. 5.

структур, то предлагаемый подход проектирования при помощи «атомарной сборки» может привести к революционным изменениям в химии, биологии, компьютерных технологиях и других направлениях.

В 1985 г. Роберт Кёрл, Харольд Крото, Ричард Смолли при проведении масс-спектрометрии паров графита открыли кластеры из 60–70 атомов углерода, располагающихся в трехмерном пространстве и образующих замкнутый сферический каркас. Фуллерен C_{60} , имеющий форму усеченного икосаэдра, стал первой искусственной структурой наномасштаба. В настоящее время известно множество фуллеренов, в состав которых может входить до 400 атомов углерода. Обнаруженные уникальные полупроводниковые, фоторезисторные, антифрикционные, износостойкие и сверхпроводящие свойства фуллеренов определили перспективность развития данного направления, в результате чего практически все ведущие страны мира активизировали исследования нанообъектов. Через год, в 1986 г., после создания атомно-силового микроскопа, появился новый инструментальный для создания и исследования наноструктур. В результате уже в 1991 г. были разработаны технологии создания углеродных нанотрубок¹ – протяженных цилиндрических структур, обладающих огромным прикладным потенциалом в силу уникальных полупроводниковых и сверхпроводящих свойств. В настоящее время наибольший интерес представляет использование углеродных нанотрубок для создания нанопроводов, транзисторов, топливных элементов, дисплеев, светодиодов, искусственных мышц в десятки раз сильнее натуральных, различных сверхпрочных материалов. Активное внедрение нанотрубок в массовое производство осложняется их токсичностью. Свободно преодолевая аэрогематический барьер вместе с воздухом, они значительно увеличивают риск опухолей и рака легких; отмечены случаи внедрения наноигл в слизистую оболочку желудка.

Революционным прорывом в области нанотехнологий стало открытие в 2004 г. графена, плоской углеродной пленки толщиной в один атом,

¹Iijima S. Helical microtubules of graphitic carbon // Nature. – 1991. – № 56.

приставляющей собой гексагональную двумерную кристаллическую решетку (первый известный человеку двумерный кристалл). В настоящее время именно графен считается наиболее перспективным материалом, освоение которого способно привести к радикальному изменению современной электроники и области информационных технологий в целом. Замена кремния как основного полупроводника на графен, является задачей нанофотоники (наноэлектроники) – направления, возникшего уже в рамках парадигмы конвергентных технологий, в котором соединяются нано- и информационные технологии.

Фундаментальное значение освоения наноструктур связано с тем, что именно с их помощью можно преодолеть разрыв между макро- и микромиром и дать человеку, основываясь на принципе единства мира в наномасштабе, создавать макрообъекты «с нуля», с соединения атомов и молекул: «...в громадном и пока еще слабо освоенном зазоре между макроуровнем, где действуют хорошо разработанные континуальные теории сплошных сред и инженерные методы расчета и конструирования, и атомарным, подчиненным законам квантовой механики, находится обширный уровень структуры материи – наномир. На этом уровне протекают жизненно важные биохимические процессы между макромолекулами ДНК, РНК, белков, ферментов, субклеточных структур, требующие более глубокого понимания. Вместе с тем именно здесь, в наномире, могут быть искусственно созданы неизвестные ранее продукты и технологии, способные радикально изменить жизнь всего человеческого общества»¹.

Нанотехнологии отражают принципиально новый способ инженерной практики: вместо обработки «сверху вниз» они предполагают самосборку «снизу вверх», т.е. «молекулярный дизайн изделия из элементарных «кирпичиков»

¹ Шевченко В.Я., Шудегов В.Е. Концепция развития работ по нанотехнологиям // Белая книга по нанотехнологиям: Исследования в области наночастиц, наноструктур и нанокомпозитов в Российской Федерации (по материалам Первого Всероссийского совещания ученых, инженеров и производителей в области нанотехнологий). – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – С. 31.

природы – наночастиц, наноструктур и т.п.»¹. В настоящее время выделяются два подхода к пониманию природы процесса самоорганизации наносистем, сформулированные как принцип максимального заполнения пространства веществом и принцип «строительных блоков», фундаментальных конфигураций, из которых создаются структурные элементы наночастиц любого типа². При этом сами же структуры становятся инструментами-манипуляторами: с помощью нанотехнологий созданы зондовые микроскопы, оптические пинцеты, наноманипуляторы с пьезоэлектрическими двигателями, которые позволяют не только проводить исследования, но и осуществлять промышленный выпуск продуктов. При этом масштабная диффузия инновационных нанопродуктов на рынок ожидается в 2016–2018 г.

Для эпистемологического анализа нанонаука представляет большой интерес как в силу специфического построения научной теории, методологии, соотношения фундаментальных и прикладных исследований, так и благодаря наглядной натурализации эпистемологических концепций, в частности таких как редукционизм и конструктивизм. Среди основных эпистемологических задач можно выделить вопросы о том, какова связь между наукой и техникой в случае нанотехнологий, какие виды знания лежат в основе нанотехнологических разработок, в чем специфика созданных в лабораторных условиях нанообъектов по сравнению с природными, в чем отличие когнитивных и ценностных ориентаций, неявного знания ученых, занимающихся технонаучными проектами,

¹ Шевченко В.Я., Шудегов В.Е. Концепция развития работ по нанотехнологиям.— С. 31.

² Шилова О.А., Кручинина И.Ю. Золь-гель технология микро- и наночастиц и нанокомпозитов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iscras.ru/wp-content/uploads/2014/07> (дата обращения: 30.07.2014).

по сравнению с представителями «чистой» физики, биологии, химии и т.д.¹ Кроме того, в философии науки в последние 8–10 лет активно ведутся дискуссии по поводу терминологии, места нанонаук и нанотехнологий в структуре научного познания, их влияния на человека и общество. Как справедливо отмечает В.Г. Горохов, «в самом термине "нанотехнология" заключено известное противоречие»². Будучи технологией по названию, нанотехнология имеет дело с фундаментальным научным знанием и, безусловно, может претендовать на статус науки. Попытаемся прояснить возникший терминологический вопрос.

Среди основных терминов, используемых для описания данной предметной области, выделяются нанотехнология, нанонаука, нанонауки, иногда также используется интегрированное понятие «нанотех». Исторически первыми, задолго до открытия фуллеренов и графена, возникли нанонауки, под которыми понимаются направления исследований «явлений и объектов на атомарном, молекулярном и макромолекулярном уровнях, характеристики которых существенно отличаются от свойств их макроаналогов»³. К нанонаукам в этом значении можно отнести биохимию, молекулярную электронику, физику и химию дисперсных систем и т.д. Термин «нанотехнология», введенный в 1986 г. Эриком Дрекслером в работе «Машины созидания: грядущая эра нанотехнологии», может быть определен как совокупность технологических приемов, позволяющая создавать «от отдельных атомов и их ассоциаций до частиц, содержащих более

¹ Nordmann A. Philosophy of Technoscience in the Regime of Vigilance // International Handbook on Regulating Nanotechnologies. Diana Bowman, Graeme Hodge, Andrew Maynard, Eds. – Cheltenham: Edward Elgar. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www3.nd.edu/~impacts/Bibliography_files/NordmannPhilosophyandRegulationofNanoTech.pdf (дата обращения 14.08.2013).

² Горохов В.Г. Нанотехнология – новая парадигма научно-технической мысли. – С. 36.

³ Пиотровский Л.Б. «Нанотехнология», «нанонаука» и «нанообъекты»: что значит «нано»? // Экология и жизнь. – 2010. – № 8. – С. 11.

10⁹ атомов и имеющих размеры гораздо более 1 мкм в одном или двух измерениях»¹, а также манипулировать ими.

Термин «нанонаука» нецелесообразно сводить к первым двум, так как он позволяет отразить важнейшее свойство всего семейства исследований нанообъектов, интегрирующих фундаментальное и прикладное знание. Нанонаука может быть определена как технонаучное направление исследований нанообъектов, в котором фундаментальные исследования концептуально неотделимы от прикладных, а научные методы – от создания и использования технологического инструментария. Технонаука подразумевает изменение не только структуры научного знания, но и науки как социального института, «переформатирование социальной среды науки»². Формируются модели построения исследовательской деятельности на основе взаимодействия академических структур, бизнеса и государства; научных проектов, выполняемых отдельными неакадемическими структурами, например фармацевтическими корпорациями или компаниями в области информационных технологий, способными профинансировать и организовать работу специалистов нанонаук.

Термин «нанотех» относится скорее к медийному или к научно-фантастическому, чем к философскому дискурсу, но заслуживает внимания в силу того, что в последние несколько лет он приобрел значение глобального проекта по преобразованию природы, техники, науки, человека и общества, базирующегося на неоредукционистском и неомеханистическом понимании мира, принципы построения всех объектов которого едины в наномасштабе. Социопроектный характер нанотеха отражает тот факт, что многие концепции развития данного направления изначально включали в себя форсайты, сценарии или прогнозы будущего с учетом вариантов развития отрасли. Нанотех точнее всего отражает

¹ Шевченко В.Я., Шудегов В.Е. Концепция развития работ по нанотехнологиям.— С. 29.

² Андреев А.Л. Технонаука. – С. 202.

понимание роли нанотехнологий в структуре NBIC-конвергенции как базисных и делающих возможным синергичное развитие всех остальных направлений.

Среди эпистемологических традиций в нанонауке наиболее заметно реализованы программы конструктивизма и редукционизма. В основе последней лежит восходящее к классической науке, а еще в более раннем варианте к Демокриту понимание того, что любые объекты состоят из универсальных микроструктур: «современная технонаука, в принципе, сохраняет преемственность с механистическим миропониманием классики, но рассматривает природу уже не как единый механизм, а как огромную совокупность разнообразных хитроумных устройств, предназначенных для выполнения самых разных функций. Например, миозины – это «моторы», протеозины – «бульдозеры», мембраны – своеобразные «электрические ограждения», рибосомы – молекулярные машины для протяжки РНК и синтеза белков и т.п. В этом контексте природа мыслится то ли как своего рода «машинный парк», то ли как «склад» инструментов и приспособлений, которыми мы можем воспользоваться для выполнения различных операций»¹.

Одним из первых использовал редукционистский подход в методологии наноконструирования Р. Фейнман в мысленном эксперименте с роботами, имеющими уменьшенные копии рук оператора. Допустим, мы создаем механизм, копирующий оператора, способный осуществлять основные виды деятельности над машинами – закручивать и откручивать гайки, сверлить отверстия и т.д., уменьшенный по сравнению с оригиналом в четыре раза. Далее этот механизм создает свою уменьшенную копию, и этот процесс продолжается до тех пор, пока создаваемые системы не уменьшатся до микроуровня, где станут заметными квантовые эффекты. Допуская, что на определенных этапах редукции придется изменить алгоритм конструирования в силу изменения физических параметров (массы, прочности и т. д.), тем не менее вполне можно помыслить такую цепочку редукции. Ее пределом как раз и будет являться наноуровень, где квантовые

¹ Андреев А.Л. Технонаука. – С. 203.

свойства объектов еще не достигают уровня, определяющего принципиально другой характер физических законов по сравнению с макроуровнем. Обратимость данной редукции дает возможность смоделировать обратный процесс, когда наномашин, созданные на предыдущем этапе, начинают манипулировать частицами как строительными материалами и собирать искусственные системы, соединяя их требуемым способом. Поскольку известные законы физики не запрещают создавать объекты «атом за атомом», такая «манипуляция атомами, в принципе, вполне реальна и не нарушает никаких законов природы»¹.

Редукционизм, подвергнутый основательной критике в рамках множества философских традиций и вытесненный за пределы доминирующих эпистемологических стратегий холистическими подходами, в современной философской литературе в конструктивном плане рассмотрен крайне мало. В методологическом плане он базируется на «совокупности требований, окончательным результатом которых является процедура сведения одних качественных состояний объектов к другим»². Естественный предел редукции в случае нанотехнологий является достижимым и равняется одному атому, невозможность существования машины из одного атома как раз и является выходом из классического затруднения, связанного с бесконечным регрессом.

Реабилитация редукционизма и механицизма является одним из наиболее удивительных результатов нанонауки. Показав, что метод самосборки работает, т.е. позволяет создавать иерархические системы из имеющихся малоразмерных структур, инженерам удалось вывести редукционизм на новый уровень. Можно выделить как минимум три положения неоредукционизма нанотехнологий, а именно принцип материального единства мира в наносамштабе; идею о том, что строительными блоками всех физических, химических, биологических и т.д.

¹ Фейнман Р.Ф. Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики. – С. 6.

² Аршинов В.И., Лебедев М.В. Философские проблемы развития и применения нанотехнологий // Философские науки. – 2008. – №. 1. – С. 62.

систем являются наноструктуры; интеграцию редукционистского и конструктивистского подходов. Безусловно, редукционизм в нанонауке существенно отличается от его классического варианта. Авторы программы NBIC-конвергенции особо подчеркивают, что такой подход не только не противоречит принципу холизма, но и сам может рассматриваться как новый (конвергентный) уровень холизма. Эмерджентные свойства при этом рассматриваются как результат синергического взаимодействия технологий.

В.И. Аршинов и М.В. Лебедев, анализируя конструктивистскую направленность нанотехнологий, пишут, что она отражает активистский подход в современной науке, основанный на идее «искусственного совершенства, согласно которому совершенное не дано изначально как непосредственная природа и не может быть дано; совершенное должно быть создано»¹. Исходным допущением активистской позиции здесь выступает принцип несовершенства природы, согласно которому природа способна ошибаться, а следовательно, то, что создано природой, может быть улучшено. Этот принцип распространяется на неорганические материалы, прочность, проводимость, оптические или иные свойства которых не устраивают человека, ДНК и РНК, подверженные ошибкам репликации, клетки и ткани организма, поддающиеся инфекциям и ограниченные в самовосстановлении, стареющие и умирающие живые организмы, и, наконец, человека с его несовершенным телом, когнитивными способностями, далекими от идеала, и далеко не безупречными нравственно-этическими и ценностными ориентациями. Вот почему идея улучшения и совершенствования становится центральным тезисом программ NBIC-конвергенции вне зависимости от их национальной или территориальной специфики.

Конструктивистская направленность нанотехнологии выводит ее на уровень методов и инструментов социального проектирования и определяет троякую структуру ее функционала, в силу чего она может быть рассмотрена как

¹ Аршинов В.И., Лебедев М.В. Философские проблемы развития и применения нанотехнологий. – С. 64.

технология практической деятельности (создание сверхминиатюрных мощных компьютеров и т.д.), как психотехнология (создание имплантируемых в мозг интерфейсов, или нейрочипов, которые могут быть запрограммированы на создание непосредственно в сознании человека той или иной виртуальной картины мира, модифицируя его чувственное восприятие) и как социальная технология в силу того, что созданная в мозгу человека виртуальная картина мира определяет его социальное поведение¹.

Формирующаяся с помощью конвергентных технологий техническая среда приводит к тому, что «традиционные представления о социальном и природном мире уже не вполне адекватны действительности»². Происходят онтологические изменения в научно-исследовательской деятельности. Если классическая наука ставила задачей изучение природы через выявление объективных закономерностей, то на современном этапе размывается как понятие объективных закономерностей, так и сам феномен природы как объекта познания. При традиционном подходе схема исследования предполагала применение определенных эпистемологических процедур к объективной реальности, формирование на их основе репрезентации действительности в виде знаковых систем и моделей и дальнейшую «интервенцию субъекта в эту действительность в форме направляемых при помощи таких «моделей» практических действий»³. Получение знаний о мире и их применение рассматривались как разделенные во времени этапы познания, причем это разделение носило методологический характер и являлось одним из условий получения объективного знания. Само же знание существует в отделенных от природных объектов формах, теоретических

¹ Аршинов В.И., Лебедев М.В. Философские проблемы развития и применения нанотехнологий. – С. 69.

² Там же. – С. 68.

³ Там же. – С. 204.

образах или моделях, выступающих как «трансцендентные материальному миру «эйдосы», имеющие, однако, в нем свои подобия»¹.

В технонаучных направлениях, таких как нанонаука, создание теоретических моделей принципиально неотделимо от материального аспекта производства знания и деятельности субъекта. Объект нанотехнологий, такой как фуллерен или графен, сам является искусственной системой, созданной человеком и отобранной вследствие обладания необходимыми субъекту свойствами. Иначе говоря, если классическая наука познавала реальный мир через создание моделей его объектов, то нанотехнология делает это, используя одни фрагменты реальности вместо других.

Этот феномен описан в рамках lab-studies, исследования лабораторий в рамках социологии науки и техники, где было показано, что современные ученые все меньше работают с естественными объектами или собранным в природных условиях материалом, все больше опираясь на методы и технологии, работающие только в лаборатории; происходит «процесс «исключения природы» из научной практики»². В нанотехнологических лабораториях нет отражения природных процессов, протекающих самих по себе. В силу того, что объекты исследования недоступны для непосредственного наблюдения, ученый имеет дело не столько природой, сколько с искусственными артефактами – графиками, данными, моделями, теориями и т.д. Но и сами исследуемые структуры получены и тщательно отобраны людьми; субъект взаимодействует не непосредственно с объектом, а с образом объекта, конструируемым прибором, создающим иллюзию наблюдаемости. Этот образ уже является результатом не только взаимодействия объекта, прибора и субъекта, но продуктом некоторых социальных практик, в рамках которых осуществляется исследование. Замена одного прибора другим,

¹ Аршинов В.И., Лебедев М.В. Философские проблемы развития и применения нанотехнологий. – С. 204.

² Артюшина А.В. Социология науки и техники (STS): сетевой узел как трансформация лабораторной жизни // СОЦИС. – 2012. – № 11. – С. 36.

как и замена исследователя, могут привести к кардинальному изменению результатов исследования¹. Возрастает роль неявного знания, навыков практической деятельности, когнитивных и ментальных установок, ценностей и образцов ведения научного исследования.

¹ См. Traweek Sh. *Beamtimes and Lifetimes: The World of High Energy Physics*. Harvard University Press, 1988; Collins H.M. Tacit Knowledge, Trust and the Q of Sapphire // *Social Studies of Science*. – 2001. – Vol. 31. – No. 1.

2.3. Биотехнологии как технонаучное знание

Биотехнологии занимают в структуре современных технологий особое место, именно с их развитием связываются надежды на прорыв в медицине, исследованиях мозга, и, в конечном счете, улучшение качества жизни человека. Современный Оксфордский словарь дает следующую дефиницию: «биотехнология есть способ эксплуатации биологических процессов для промышленных и других целей, особенно для генетических манипуляций микроорганизмами, производства антибиотиков, гормонов и т.д.»¹. С одной стороны, под данное определение подпадают все сельскохозяйственные знания и методы, выработанные человечеством с древнейших времен. С другой – акцент явно сделан на современных технологиях работы с микрообъектами, в то время как биотехнологические методы повсеместно применяются и к макроскопическим живым организмам. Вместе с тем, именно определение этого термина, т.е. указание на то, что является или не является биотехнологией, – краеугольный камень для разрешения не только многих этических, моральных, юридических вопросов, но и эпистемологического анализа этого явления. Неоднозначность понимания термина «биотехнология» приводит к разногласиям в правовой оценке ее использования. Американский подход основывается на том, что если человечество использовало биотехнологии на протяжении 10000 лет, то нет необходимости запрещать непосредственно саму биоинженерную деятельность, контролируя лишь применение ее результатов. Европейское законодательство, наоборот, направлено на регламентирование допустимых методов и технологий вмешательства в биологические системы и процессы.

Термин «биотехнология» был введен в 1919 году венгерским экономистом Карлом Эреки для обозначения новой отрасли знания, основанной на

¹ Biotechnology // Oxford Dictionary [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://oxforddictionaries.com/definition/english/biotechnology?q=BIOTECHNOLOGY> (дата обращения: 05.10.2013).

«взаимодействии биологии и инженерии, направленном на превращение сырья в конечные продукты с помощью живых организмов»¹. В дальнейшем он стал ассоциироваться с технологией ферментации, синтезом микробиологии и химической технологии, с попытками найти новые приложения сельскохозяйственного сырья в энергетике, и, в конечном итоге, с поиском возможности новой коэволюции человека, природы и общества. В 1984 году Управление оценки технологий США (ОТА) предложило широкое определение биотехнологии как «любой техники использования организмов и их компонентов для производства продуктов, модификации растений и животных для приобретения желаемых свойств или разработки микроорганизмов для конкретных целей»². В этом смысле люди практиковали биотехнологии с доисторических времен при выращивании растений и животноводстве путем селекции и отбора, а также для выпечки хлеба, в пивоварении, виноделии, сыроварении, хотя и не знали, что используют биотехнологии. Узкое определение предполагает промышленное использование рекомбинантной ДНК, слияния клеток и новых биопроцессинговых методов. Именно технологии рекомбинантной ДНК, т.е. процедуры, при помощи которых сегменты ДНК из одних организмов могут быть «вырезаны» и «вставлены» в другие организмы, рассматриваются в качестве одного из ключевых компонентов современной биотехнологии.

Технологии рекомбинантной ДНК являются базовыми эпистемическими практиками в области биотехнологий. Д. Уотсон, открывший в свое время вместе с Ф. Криком ДНК, сравнивает технологии рекомбинантной ДНК с работой текстового процессора, в котором можно копировать, вырезать и вставлять

¹ Fári, M.G., Kralovánszky, U. P. The founding father of biotechnology: Károly (Karl) Ereky // International Journal of Horticultural Science. – 2006. – № 12. – P. 10.

² Office of Technology Assessment. Commercial Biotechnology: An International Analysis. U.S. Government Printing Office. 1984. P. 3.

любую часть текста в любое его место¹. Человек получил возможность «играть в Бога», проектируя организмы, которые не создала эволюция. Если рассматривать гены и ДНК в целом как носители знания, то технологии рекомбинантной ДНК, позволяющие преобразовывать ее для получения организмов с нужными нам свойствами, могут быть названы практиками работы с объектами, повышающими эффективность знаний, лежащих в их основе. Эффективность в этом случае, как и во многих других, определяется успешностью реализации целей и задач человека.

Наиболее примечательной особенностью эпистемических практик в области биотехнологий является их исходная установка на понимание *жизни как текста и жизни как информации*. Биотехнологии наметили кардинальное изменение самой сути процесса познания природы. Если классическое естествознание сформировалось на основе эпистемологической установки понимания опыта как измерения, чтения тайн природы, записанных числом, то синтетическая биология предложила и показала эффективность работы с естественными объектами как с текстом и языком.

В методологическом смысле одним из следствий развития биотехнологий стала «информатизация жизни», ее описание осуществляется в информационных терминах, таких как «генетический код», «перевод», «транскрипция», «редактирование», «выражение». Для биотехнолога генофонд всех живых организмов планеты представляет собой некое хранилище информации, огромную базу знаний. Как отмечает Д. Глик, «сегодня даже биология стала наукой об информации, оперирующей инструкциями и кодами... гены содержат информацию, и они же предоставляют способы ее считывания и передачи... само тело – это информационный процессор»². Симбиоз биологических методов и информационных технологий сделал возможным появление синтетической

¹ Watson J. DNA: The Secret of Life. New York: Alfred A. Knopf., 2003. P. 84.

² Глик Д. Информация. История. Теория. Поток / Джеймс Глик; пер. с английского М. Кононенко. – Москва: АСТ: CORPUS, 2013. – С. 16.

биологии, выход информатизации и оцифровки жизни на качественно новый уровень.

Наиболее радикально новые эпистемические практики проявляются в синтетической биологии – области, где науки, изучающие живое, становятся науками, его создающими. Первым заметным успехом синтетической биологии стало создание «живого триггера», т.е. бактерии *E.coli*, которая может находиться в одном из двух стабильных состояний, переключение между которыми управляется человеком при помощи термического или химического стимулов. В настоящее время в круг задач этого направления входит не только изменение существующих живых систем для получения организма с требуемыми нам качествами, но и создание новых биологических конструкторов и систем.

Базовой идеализацией синтетической биологии является минимальный геном, а именно «наименьшее число генетических элементов, которые необходимы для существования свободноживущего клеточного организма»¹. Условиями, при которых вводится эта идеализация, являются неограниченность ресурсов, оптимальные физические условия существования организма, а также отсутствие конкуренции.

Клетка с минимальным геномом, таким образом, может быть рассмотрена как «кирпичик» живого, предел редукции, базовый набор информации, без которой жизнь невозможна. Имея в распоряжении такую клетку, человек может достраивать ее, контролируя при этом каждый этап усложнения, объединять получившиеся «блоки» в более сложные системы и т.д. Примечательно, что, как и в случае нанотехнологий, элементарной единицей конструирования является не неделимый элемент, а структура минимально допустимой сложности.

Создание первых синтетических организмов потребовало выработки методологических правил и стандартов, результатом которой стало создание революционного инструмента – языка синтетической биологии SBOL (Synthetic Biology Open Language), по своей структуре похожего на язык программирования,

¹ Mushegian A.R. The minimal genom concept.

однако на нем можно «писать» уже не компьютерные программы, а новые организмы, пусть и существующие на начальном этапе в виде виртуальных моделей.

Пример конструирования живого организма из минимального генома, пожалуй, наиболее наглядно демонстрирует суть конвергенции технологий как не просто сближения, но и взаимного их усиления. Без инструментов работы с наноразмерными системами не были бы возможны извлечение и вставка генов в ДНК. В то же время разработка нанотехнологий, адаптированных к работе с живыми системами, способствует развитию инструментов и методов самих нанотехнологий.

Синтетические биологи пытаются построить новую жизнь в гораздо более радикальной форме, чем первое поколение генных инженеров. Ставится задача не просто перемещения одного или несколько генов из одного организма в другой, скорее преследуется амбициозная цель разработки всей генетической цепочки от стандартизированных строительных блоков к новому организму, либо даже создания жизни «с нуля». Идет речь о возникновении биодизайна и нового поколения ученых-художников, подобных архитекторам и графическим дизайнерам, которые смогут создавать новые организмы, сидя за своим ноутбуком. Существенная часть биологии выходит за пределы лаборатории и становится информационно-вычислительной, электронной и виртуальной. М. Кастельс, описывая сущность биотехнологии, обращает внимание на то, что она не просто информационная, а информационно-коммуникационная. Ни клетки, ни гены не работают изолированно, следовательно, «наиболее важным является определение связей между ними и поиск способов работы со сложными биологическими сетями»¹.

Информационный подход к описанию жизни подвергается жесткой критике со стороны многих крупных биологов, отрицающих как идею того, что ДНК

¹ The Network Society. A Cross-cultural Perspective / edited by Manuel Castells. Edward Elgar Cheltenham, UK; Northampton, MA, USA, 2004. – P. 12.

кодирует информацию, так и возможность использования информационного подхода в молекулярной биологии в целом. Данная проблема связана, прежде всего, с неопределенным онтологическим и научным статусом информации. Критики информационного подхода опираются на то, что, с одной стороны, в современном дискуссионном поле имеется множество толкований информации, несовместимых с естественнонаучным подходом, с другой – можно описать биологические процессы без привлечения данной категории. Примером может служить концепция автопоэзиса Ф. Варелы и У. Матураны, которые используют более близкий к биологическому подходу термин «сопряжение».

Возражения против информатизации биологии, действительно, имеют под собой основания. Дав возможность преобразовывать геном вплоть до полной его реконструкции, биотехнология в настоящее время не позволяет создавать клетку целиком. Конструируя новый организм, исследователи вынуждены использовать мембраны и некоторые другие элементы обычных клеток, в которые можно бы было поместить получившуюся ДНК. Однако это не означает неэффективности технологий синтетической биологии, а устанавливает границы их применимости в настоящий момент. Технологии рекомбинантной ДНК и другие приемы синтетической биологии, таким образом, более корректно считать не методами создания жизни, а эпистемическими практиками, позволяющими повысить эффективность уже имеющихся объектов.

Помимо «информатизации жизни» происходит процесс информатизации самой биологии, конвергенции био- и информационных технологий. Информационные технологии присутствовали практически на всех этапах разработки и внедрения биотехнологий, но они также получили импульс к своему развитию, в частности, в виде нового уникального языка программирования, способного хотя бы частично соединить компьютерный алгоритм и природную систему, а также новых областей компьютерных наук, таких как биоинформатика, нейроинформатика, вычислительная биология.

Конвергенция детерминирует превращение биотехнологии в технотехнологии, вызывая размывание границ между фундаментальными и прикладными

исследованиями, интеграцию технологий и научных методов и обеспечивая в результате значительный коммерческий потенциал. Меняется и само научное мышление, на смену «биологам-натуралистам» приходят и инициативные, бизнес-ориентированные ученые, готовые к междисциплинарному и трансдисциплинарному взаимодействию, осознающие возможные перспективы внедрения результатов своих исследований. Можно спорить о том, «является ли современная биотехнология в большей степени технонаукой, чем селекция растений после открытия законов Менделя»¹, однако нужно отметить несомненный факт, что биология в целом все больше становится «знанием как», т.е. инструментально опосредованным, деятельностно-ориентированным, рассчитанным на практическое применение.

Знание в эпоху технонауки становится производящим, в биологии формируется парадигма радикального конструктивизма, меняются представления о границах между естественными и искусственными объектами, живой и неживой природой, становится неопределенным онтологический статус продуктов биотехнологии. Среди критериев истинности на первый план выходит требование «знать – значить уметь делать», или «работает, следовательно, верно». В рамках биотехнологии формируется прагматистское понятие внутренней эквивалентности между истинностью знания и возможностью его использования, «тот, кто может сделать конкретный объект, тем самым показывает, что он это знает, и только тот, кто в состоянии сделать это, может законно претендовать на знание объекта»². Лаборатория становится тем, что связывает недостижимую в познании реальность и мир человеческого знания. Еще в конце 80-х гг. XX в. Б. Латур писал, что между миром вещей-в-себе и миром людей-между-собой

¹ Belt H. van den. Philosophy of biotechnology // Philosophy of Technology and Engineering Sciences. Ed. by A. Meijers (Handbook of the Philosophy of Science, Vol. 9). – Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V., 2009. – P. 1013.

² Kuypers K. The Relation Between Knowing and Making as an Epistemological Principle // Philosophy and Phenomenological Research. – 1974. – № 1. – P. 60.

лежит «конструирование в лаборатории объекта и контекста»¹. Пастер, впервые создавший микрокосмос лаборатории, совершил поворот в деле конструирования второй природы. Он дал начало «трансформации отношений между микробами и скотом, фермерами и их животными, ветеринарами и фермерами, а также ветеринарами и биологическими науками»². Классическая механистическая научно-исследовательская программа, когда есть объект, субъект и деятельность, результатом которой является познание объекта в чистом неизменном виде, окончательно ушла в прошлое. Биотехнологическое исследование представляет собой получение знания через преобразование, управление и конструирование. Если биологический объект, как кантовская вещь-в-себе, непознаваем, то способы воздействия и манипулирования им доступны человеку.

В рамках NBIC-конвергенции наиболее тесное взаимодействие в настоящее время, безусловно, существует между нано- и биотехнологиями. Примером может служить технология «оригами», позволяющая компоновать нуклеиновые кислоты в заранее просчитанные двумерные или трехмерные наноструктуры, в том числе и непосредственно в процессе их синтеза. На первых этапах ее развития (2005 г.) технология предполагала создание подобных структур в пробирке из синтетических фрагментов ДНК, на основе чего были созданы ДНК-посуда, ДНК-алфавит, ДНК-коробки и другие наномасштабные объекты. В настоящее время разработан способ создания наноструктур из РНК одновременно с ее транскрипцией, т.е. прямо внутри клетки. Нанообъекты при этом могут синтезироваться в бактериях или животных тканях так же, как обычные матричные РНК: основываясь на ДНК-матрице. Подобные технологии могут быть

¹ Латур Б. Нового времени не было. Эссе по симметричной антропологии / Пер. с фр. Д.Я. Калугина; Научн. ред. О.В. Хархордин. – СПб.: Изд-во Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2006. – С. 89.

² Латур Б. Дайте мне лабораторию, и я переверну мир // Логос. – 2002. – № 5–6. – С. 9.

использованы для разработки методов хранения и транспортировки лекарств в организме, а также для создания искусственных ферментов¹.

Конвергенция биотехнологий и когнитивных наук представляет собой актуальное направление, в котором многие точки взаимодействия открываются только в последнее время. Если в рамках искусственного интеллекта проблема моделирования мозга и нейронных сетей обсуждается более шестидесяти лет, то биотехнологический подход в моделировании является относительно молодым. Еще в начале 2000-х годов активно обсуждался вопрос проектирования гибридных систем, интегрирующих живые ткани и вычислительные устройства. Разработка технологий выращивания тканей и целых органов с применением искусственных матриц позволила осуществить прорыв в освоении механизмов выращивания многоклеточных живых систем в искусственных условиях. Так, в университете Тафта (США) был создан искусственный аналог коры мозга при помощи тироидной белковой матрицы, заполненной культурой нейронов крысы и коллагеном в качестве среды роста нейронных связей. В результате эксперимента в системе образовался аналог «серого» вещества, состоящий из нейронных паттернов, и аксональная зона, которую исследователи определили как аналог «белого» вещества². Такая модель, хотя и не является моделью нервной системы, позволяет исследовать, например, физиологические и функциональные особенности повреждений мозга при травмах. Подобные проекты по созданию органоидов, т.е. искусственных структур, состоящих из живых клеток, представляют собой область конвергенции всех ключевых технологий. Выращиваемые нейрональные клетки, в том числе получаемые не только из стволовых клеток, вживление которых часто приводит к образованию злокачественных опухолей, но и из гораздо более безопасной соединительной

¹ Geary C., Rothmund P.W.K., Andersen E.S. A single-stranded architecture for cotranscriptional folding of RNA nanostructures // Science. Vol. 345. – P. 799 – 804.

² Tang-Schomer M.D. Bioengineered functional brain-like cortical tissue // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2014. – Vol. 8.

ткани, в ходе экспериментов успешно индуцируются в мозг животных и встраиваются в его работу.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что передовые биотехнологии способны играть существенную роль в улучшении качества жизни и здоровья человека, обеспечении экономического и социального роста государств. Это направление давно вышло за пределы прикладной науки и в настоящее время является важным фактором экономического и социального развития, т.е. в полной мере соответствует понятию «стимулирующей» технологии. Среди всех направлений, входящих в состав конвергентных технологий, нано- и биотехнологии наиболее наглядно демонстрируют технонаучный характер современного знания и возможности социальных трансформаций, вызываемых техническим ростом. Неслучайно именно в этой области наиболее остро стоит проблема гуманитарной экспертизы и социальной оценки научно-технических инноваций.

Глава 3. Информационные технологии и когнитивная наука в структуре NBIC-конвергенции

3.1. Информационные технологии и вычислительный поворот в философии

Обращение философии к систематическому анализу вычислений, компьютерных наук и информационных технологий исторически началось с исследований в области искусственного интеллекта. Именно это направление стало одним из первых технологических проектов, внутри которого возникла необходимость философского осмысления идей, методов и целей. Родоначальники исследований в области искусственного интеллекта и компьютерных наук Д. Маккарти, А. Тьюринг, М. Минский показали, что развитие данной области необходимо приводит к переосмыслению фундаментальных философских понятий, таких как разум, сознание, человек, познание и др. Появление когнитивных наук и нового инструментария вдохновило многих философов, на глазах которых происходила информационная революция. В 1978 г. А. Сломан публикует работу «Компьютерная революция в философии»¹, в которой он прогнозирует, что через несколько лет философы науки будут писать компьютерные программы и проводить вычислительные эксперименты для проверки своих концепций. Он заявляет, что «готов обвинить в профессиональной некомпетентности тех философов, которые не знакомы с основными исследованиями в области искусственного интеллекта, и что преподавать курсы в философии сознания, эпистемологии, эстетики, философии науки, философии языка, этики, метафизики и других основных областях философии, не обсуждая соответствующие аспекты искусственного интеллекта,

¹ Sloman A. The Computer Revolution in Philosophy. Atlantic Highlands: Humanities Press. – 1978. – 197 p.

будет безответственным, как преподавание курса физики, который не включает в себя квантовую теорию»¹.

В 1992 г. Л. Беркхолдер (L. Burkholder) вводит по аналогии с лингвистическим поворотом в англо-американской философии XX в. понятие «информационный поворот в философии», отмечая, что оно подразумевает не только появление нового интересного объекта для философских исследований, но и возникновение новых методологических возможностей для самой философии. В этом случае «поворот» трактуется как становление вычислительной философии. Развивая ее идею, Т.В. Вунум и J. Моор определяют компьютер как «посредник для моделирования философских теорий и идей»². Основную область для применения компьютерных технологий в философском познании при этом составляют философия языка, эпистемология (особенно в отношении проблемы представления знаний), философия науки и история философии. Высказывались также идеи использования компьютерного моделирования в этике для оценки возможных сценариев распространения тех или иных этических концепций. На современном этапе появляется еще одна проблема для философского анализа, а именно социокультурные и антропологические преобразования, происходящие под воздействием внедрения технологических инноваций. В результате ключевой идеей концепции вычислительного поворота в философии становится признание того, что компьютеры и информационные технологии делают возможной новую постановку традиционных философских вопросов, обеспечивают создание новых инструментов и концепций для философских рассуждений и представляют новые теоретические и практические предметные области философских исследований. Метод моделирования, уже ставший одним из основных в научном познании,

¹ Sloman A. The Computer Revolution in Philosophy. Atlantic Highlands: Humanities Press. – P. 20.

² Bynum T.W., Moor J. How Computers are Changing Philosophy// In The Digital Phoenix: How Computers are Changing Philosophy. T. Bynum and J. Moor, eds. – Blackwell, 1998. – P. 6.

становится также и философским методом, дополняя мысленный эксперимент, герменевтический, феноменологический и логико-философский анализ.

Одной из первых попыток использования вычислительного подхода в философии стало применение компьютерных форм представления знаний, взятых из исследований в области искусственного интеллекта, к анализу роста и развития научного знания, осуществленное П. Тагардом (P. Thagard). Он предложил вариант построения концепции научного знания на основе вычислительного подхода, основанный на утверждении о том, что «научные теории представляют собой сложные структуры данных в вычислительных системах, которые состоят из высокоорганизованных пакетов правил, концептов и образцов решений проблем»¹. Объяснение и решение проблем при этом рассматриваются как вычислительные процессы, опосредованные правилами и концептами, образующими теорию. В качестве еще одного примера компьютерного анализа концепций философии науки можно привести вычислительную модель концепции научно-исследовательских программ И. Лакатоса на основе мультиагентных систем². Другой областью, в которой применение вычислительных методов может быть эвристически полезным, является этика, где с конца 70-х годов XX в. активно обсуждались идеи построения программ для принятия этических решений и моделирования реализации тех или иных правил, принципов и идей³.

¹ Thagard P. Computational Philosophy of Science / Paul Thagard. MIT Press, 1988. – P. 49.

² Pease A. A Computational Model of Lakatos-style Reasoning / Alison Pease. – Edinburgh, 2007. – 262 p.

³ См. Программы *The Ethos System* (Searing D. R. HARPS Ethical Analysis Methodology, Method Description. Version 2.0.0., Lake Zurich, IL: Taknosys Software Corporation, 1998) и *The Dax Cowart program* (Cavalier R., Covey P.K. A Right to Die? The Dax Cowart Case CD-ROM Teacher's Guide, Version 1.0, Center for the Advancement of Applied Ethics, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA., 1996).

Методологические изменения в философском исследовании, вызванные информатизацией, оказались не столь существенными, как это прогнозировалось на заре внедрения компьютерных методов в гуманитарные исследования, и не получили распространения, достаточного для того, чтобы утверждать факт вычислительного поворота. Компьютерные модели этических и социальных концепций не только не привели к отказу от традиционного философского анализа, но и показали ограниченность и наивность стремления алгоритмизировать философские вопросы¹. В связи с этим уже в середине 90-х годов XX в. термин «вычислительный поворот» начинает связываться преимущественно с расширением проблемного поля философии, вызванным информационной революцией.

К основным философским проблемам в области информационных технологий можно отнести изучение специфики существования вычислительных систем, онтологический статус виртуальных миров, возможности и ограничения искусственного интеллекта, философские аспекты моделирования данных, политическое регулирование киберпространства, эпистемологические аспекты Интернета, этические аспекты конфиденциальности информации и безопасности и многие другие. Соответствующие предметные области обозначаются как «философия вычислений», «философия информатики», «киберфилософия», «философия искусственного интеллекта», «философия информационных технологий» и т.д., что говорит о том, что терминология и методология данных исследований находятся в стадии становления. Р. Brey и J.H. Soraker предлагают использовать обобщенный термин «философия компьютерных и информационных технологий», под которым они понимают «изучение

¹ Это, однако, не означает окончания исследований в данном направлении. Так, с 1986 г. проводится регулярная международная конференция исследователей в области вычислительной философии, а в 2004 г. была создана официальная академическая организация International Association of Computing and Philosophy (IACAP).

философских вопросов, связанных с компьютерными и информационными системами, исследованиями и разработками в области компьютерных наук и информационных систем, и их использование и применение в обществе»¹.

Возникает вопрос, достаточно ли одного расширения предметной области для утверждения о фундаментальных изменениях в философии, которые можно было бы назвать вычислительным поворотом. В истории философии можно встретить множество примеров, когда расширение проблематики, тем не менее, не меняло сути философского исследования, как это было в случае с возникновением в XIX в. философии техники. В то же время неопозитивистский лингвистический поворот не сводится к расширению предметного поля, а затрагивает сам стиль философской работы, меняет ее содержание, методы и понятия. Тезис о вычислительном повороте, таким образом, должен опираться на введение новых или изменение понимания традиционных философских категорий. В связи с этим именно трансформация понятийно-категориального аппарата представляет наибольший интерес.

В основе информационной революции, определившей развитие методологии исследования, конвергентных технологий и информационного общества в целом, лежит парадигма понимания природных и интеллектуальных процессов как вычислений. Вычислительный подход в настоящее время представляет собой семейство философских, психологических, нейрофизиологических теорий и концепций, базирующихся на идее о том, что любой изучаемый объект подчиняется количественным закономерностям. То есть вычислительные теории и концепции рассматриваются, прежде всего, как исследовательские программы, существование которых основывается на успешности объяснения фактов и предсказания новых. При этом предположение

¹ Brey P., Soraker J.H. Philosophy of computing and information technology // Philosophy of Technology and Engineering Sciences. Ed. by A. Meijers (Handbook of the Philosophy of Science, Vol. 9). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V., 2009. – P. 1341–1407.

о том, что могут существовать состояния, процессы или механизмы, не подчиняющиеся количественным закономерностям, не опровергает возможность вычислительного подхода, а задает границы его применимости и формирует зоны негативной эвристики.

Исторически сложилось так, что базовые понятия этой предметной области, такие как вычисление, алгоритм, вычислимость, доказуемость, вычислительная сложность и др., первоначально были жестко определены в рамках математики и информатики, а затем, когда стало понятно, что введенные конвенционально и зафиксированные формулировки не способны полностью отразить содержание понятий, вышедших за пределы математического дискурса, возникла потребность в философском обобщении данных терминов. Решение этого вопроса требует уточнения наиболее проблемного основания подхода, а именно понятия вычисления, которое толкуется крайне широко.

Современное философское понимание вычислений и вычислительных машин основывается на концепции *mathesis universalis* Г. Лейбница, как универсальной науки, построенной и описывающей весь мир на основе формального исчисления. Лейбниц поставил задачу упорядочения всего знания путем разложения сложных понятия на простые, составляющие некий «алфавит человеческих мыслей», и получения на этой основе точных определений всех понятий. Каждой из этих элементарных единиц знания требуется поставить в соответствие символ, или «характер», который будет замещать термин естественного языка. Для оперирования символами необходимо «сформулировать организующие принципы этого всеобщего символизма — правила употребления и комбинаций символов»¹. «Универсальная наука» Лейбница в дальнейшем стала основой вычислительного подхода как методологии научного и технического познания и оказала сильное влияние на формальную логику Г. Фреге, Б. Рассела,

¹ Лейбниц Г.В. Сочинения в четырех томах: Т. 3 / Ред. и сост., авт. вступит. статей и примеч.; Г. Г. Майоров и А. Л. Субботина; перевод Я. М. Боровского и др. — М.: Мысль, 1984. — С. 42.

программу аксиоматизации и математическую теорию доказательств Д. Гильберта. Одним из основных результатов программы формализации стало признание того, что она может быть применена в областях математики, которые ранее базировались на интуитивных или самоочевидных идеях. Гильберт осуществляет такой проект в отношении геометрии, Уайтхед и Рассел применили такой подход к арифметике. За пределами математики проекты формализации также определенное время активно разрабатывались, например, в рамках логического бихевиоризма в психологии. Однако появление теоремы Гёделя о неполноте формальных систем потребовало пересмотра таких подходов.

Современное понимание вычисления основывается на преобразовании одного состояния системы (данных, сигналов, структуры) в другое. Кибернетический подход позволяет определить вычисление как преобразование любых входных сигналов в выходные вне зависимости от специфики самих преобразований. Информационный подход предполагает, что любое вычисление представляет собой преобразование данных, приводящее к возникновению новой информации. Концептуальная трудность здесь состоит в недостаточной определенности самого термина «информация», который толкуется различными способами. Информационный подход часто трактуется с использованием понятия алгоритма как описания правил или процедуры, по которым преобразуется информация. Наиболее известное, простое и изящное определение вычисления было дано А. Тьюрингом через введение понятия абстрактной вычислительной машины. При любом понимании вычислительный подход как методологическая концепция предполагает возможность непротиворечивого описания подобных преобразований на каком-либо специальном символьном языке.

Прояснение термина «вычисление» поставило ряд вопросов о границах вычислительного подхода, а именно о том, существуют ли невычислимые функции, т.е. те, которые описываются формально, но не могут быть вычислены, например, какой-либо машиной, и существуют ли объекты, процессы или явления, которые нельзя бы было представить в виде алгоритма или адекватно описать при помощи формального языка. Ответ на первый вопрос дал Тьюринг,

показав, что формализуемость и вычислимость неразрывно связаны. Согласно тезису Чёрча-Тьюринга алгоритм в его интуитивном понимании может быть выполнен машиной Тьюринга, следовательно, вопрос о вычислимости функций определяется возможностями ее алгоритмизации. Так, известен ряд задач, которые не могут быть решены компьютерными программами, поскольку являются алгоритмически неразрешимыми. К ним относятся проблема соответствий Э. Поста, распознавание выводимости А. Черча, установление тождества теории групп П.С. Новикова, распознавание эквивалентности слов в любом исчислении и др. Вместе с тем подобные задачи могут быть решены через нахождение частных случаев, применение численных методов, т.е. не являются жестким аргументом против вычислимости.

Наиболее успешным вычислительный подход является в области приложений, поскольку здесь его возможности наглядно проявляются. Однако с момента своего возникновения данное направление напрямую было связано с проблемой моделирования познавательной деятельности человека от имитации осмысленных действий до создания искусственного мозга. В XX в. возникает новое направление в понимании мышления, сознания, мозга, получившее название «вычислительной теории сознания» (The Computational Theory of Mind), основной идеей которого является признание наличия некоторой функциональной связи между объектом или явлением и их символическим описанием, между когнитивными процессами и их языковыми репрезентациями. Вычислительная теория сознания в настоящее время представляет собой семейство философских, психологических, нейрофизиологических теорий и концепций, базирующихся на идее о том, что сознание подчиняется количественным закономерностям.

В философии сознания вычислительный подход наиболее тесно связан с функционализмом, поскольку непосредственно рассматривает ментальные состояния в терминах функциональных состояний, процессов и механизмов. Однако между этими двумя подходами нет жесткой взаимоопределяющей связи. Так, если функционализм верен, из этого не следует, что вычислительный подход верен. Для такого вывода было бы необходимым доказательство того, что

функциональные процессы одновременно являются вычислительными, что является независимым предположением. Для того чтобы утверждать истинность функционализма на основании корректности вычислительного подхода, необходимо доказать, что природа абсолютно всех психических процессов вычислительная, что так же не является очевидным. Данную точку зрения иногда называют «вычислительным функционализмом», однако она не согласуется с общей установкой подхода, согласно которой «даже если сознание включает в себя больше, чем вычисление, вычисление все равно может объяснить поведение (полностью или частично)»¹ (1, р. 516). Такое позиционирование вычислительных теорий сознания часто вызывает их критику как эмпирических подходов, не являющихся в должной мере обоснованными и не претендующих на всеобщность и, следовательно, на объяснение природы сознания.

В число наиболее трудных и существенных проблем вычислительного подхода входит объяснение природы интенциональных объяснений и преднамеренных действий, т.е. основанных на целях, намерениях, желаниях субъектов. При этом какие-либо феномены сознания вызывают вполне ощутимые изменения в материальном мире. Например, отвечая на вопрос, почему этот человек получает профессию врача, мы можем сказать, что он хочет помогать людям. Но что в реальности является причиной того или иного действия: интенция, цель или физиологический процесс, интерпретируемый как «цель», «желание», «вера» и т.д.?

Суть затруднения состоит в том, что человек вычисляет, решает математические задачи, устанавливает количественные отношения, опираясь на ментальные репрезентации, представления об абстрактных объектах и интенциональные действия, например желание найти правильный ответ. Т.е. человек практически всегда вычисляет, не вычисляя, действует не механически по заданному алгоритму, а интенционально. При этом мозг получает подобную

¹ Piccinini G. Computationalism in the Philosophy of Mind // Philosophy Compass. – 2009. – № 4. – P. 516.

возможность только на определенном этапе эволюции, когда приобретает «способности к вычислению, использованию рекурсивных правил и ментальных репрезентаций, создав тем самым основу для мышления и языка в человеческом смысле»¹ (2, с. 344). Для объяснения этого факта вычислительный подход должен не только описывать нейрофизиологические процессы как вычислительные, но и предполагать возможность манипулирования представлениями, образами, содержанием в процессе вычислений. Необходимость целостного описания этих двух уровней ставит «трудную проблему» вычислительного подхода, аналогичную трудной проблеме сознания, что делает особо актуальным логико-философский анализ данного направления.

На то, что решение данной проблемы возможно, указывает, в частности, G. Piccinini, который рассматривает три варианта решения проблемы интенциональных объяснений в вычислительном подходе. Первый связан с методологической установкой на отрицание необходимости введения интенциональности для описания познания. Кроме того, возможен вариант, когда преднамеренное действие формируется на основе вычислительной деятельности. Примером могут служить семантические сети, оперирующие крупными представлениями при помощи вычислительных методов. И, наконец, если даже признать, что интенциональность представляет собой неотъемлемое качество сознания и она имеет невычислительную природу, то и в этом случае сам подход, не претендуя на всеобщность, может успешно применяться для описания частных функций, элементов поведения и т.д. и получать полезные следствия.

Эффективность и прагматическая ценность вычислительного подхода не являются единственными основаниями для его дальнейшего развития. Фундаментальные философские проблемы, связанные с пониманием природы вычислений, качественных переходов от физических процессов и каузальных

¹ Черниговская Т.В. Человеческое в человеке: сознание и нейронная сеть // Проблема сознания в философии и науке / Под общ.ред. проф. Д.И. Дубровского. – М.: «Канон +» РООИ «Реабилитация», 2009. – С. 344.

отношений к информационным, запаздывающей деятельностью сознания, свободой воли, не позволяют сводить данное направление исключительно к прикладным исследованиям в области вычислительных машин и требуют междисциплинарного подхода к его разработке и осмыслению.

Проведенный анализ показывает, что под термином «вычислительный поворот» подразумеваются не только методологические изменения, появление нового вычислительного инструментария для философских исследований, расширение предметного поля философии, связанное с развитием компьютерных технологий и становлением информационного общества, но и восходящее к Лейбницу и Фреге стремление связать закономерности мира и универсального языка, на котором мы его описываем.

Постановка задачи прояснения таких понятий, как вычисление, алгоритм, вычислительная машина, привело к новой постановке вопроса о природе разума, рассуждений, сознания, появлению новых гипотез, аргументов и теорий. Является ли это достаточным основанием для утверждения о повороте в философии, вопрос, безусловно, дискуссионный, и при его решении необходимо избегать как декларативных высказываний о новой философии, так и отрицания фундаментальности происходящих изменений.

3.2. Информатизация как метатехнология

Среди входящих в структуру NBIC-конвергенции направлений информационные технологии являются наиболее развитым и используемым продуктом. Методологически основываясь на достижениях науки середины XX в., они давно внедрены в массовое производство, изменили практически все сферы общества и стали основой для развития остальных направлений. Сопровождая фундаментальные и прикладные исследования, процессы проектирования, создания, производства и применения подавляющего большинства современных технологий, информационные технологии приобрели статус метасредства, т.е. технологии для производства технологий.

В широком смысле термин «информационная технология» применим не только к современным вычислительным средствам и может быть понят как любой процесс, результатом которого является возникновение нового качества информации, например изменение уровня структурирования системы или собственно возникновение информации. В живых системах средства обработки информации видоизменялись в процессе эволюции, которая привела к возникновению многообразия органов чувств как источников данных об окружающем мире и состоянии самого организма, а так же органов познания, мышления и сознания. С эволюционной точки зрения познавательные способности человека могут развиваться в процессе адаптации к изменениям окружающей среды, однако такие процессы являются достаточно медленными, в то время как объемы воспринимаемой человеком информации в последние десятилетия значительно возросли. Поэтому стало необходимым возникновение информационных технологий нового поколения, которые обладали бы максимально высокой скоростью производимых с информацией действий и могли бы выполнять часть операций, например трудные вычисления, за человека. В условиях тотальной информатизации общества владение подобными

технологиями становится не только необходимым атрибутом профессиональной деятельности, но и условием эффективного общения и образования.

В компьютерных науках под информационной технологией понимается процесс, использующий совокупность средств и методов сбора, обработки и передачи данных (первичной информации), для получения информации нового качества о состоянии объекта, процесса или явления. К информационным технологиям можно отнести как мышление и сознание человека, так и каталоги, базы данных и другие технические средства. Новыми называют такие информационные технологии, у которых скорость передачи данных приближается к предельному значению, то есть к скорости света в вакууме. Помимо этого, отличительной способностью новых информационных технологий является интерактивный режим работы. Процесс их взаимодействия с пользователем подразумевает возможность обратной связи и взаимного влияния сторон друг на друга.

Ещё одной особенностью новых информационных технологий является принцип интегрируемости с другими средствами. Процесс объединения информационных технологий интенсивно начался в конце XX – начале XXI века, прежде всего в связи с появлением быстродействующей компьютерной техники, позволившей скоординировать работу различных средств связи в режиме реального времени. Кроме того, новым информационным технологиям свойственна гибкость изменения данных, то есть потенциальная возможность проведения практически любых операций с информацией, причем их набор ограничен лишь имеющимся программным и техническим обеспечением.

Учитывая это, под новой информационной технологией будем понимать процесс, использующий совокупность средств и методов сбора, обработки и передачи данных, построенный на принципах интерактивности, интегрируемости и мультиоперационности.

Можно выделить некоторые принципы, на которых строится работа новых информационных технологий. В их основе лежит передача и обработка информации при помощи электромагнитных сигналов. Поскольку электронные

средства построены по цифровой технологии, то фундаментальным для новых информационных технологий является *принцип конвенциональности*, проявляющийся в договоренности инженеров и программистов по поводу содержания сигналов. Так, напряжению на элементе, равному 0–2,4 В соответствует уровень логического нуля («0»), а напряжению 3,6–5 В – уровень логической единицы («1»). Любую информацию можно представить в виде последовательности электромагнитных импульсов, то есть «нулей» и «единиц», причем только при наличии соглашения закодированная одним устройством информация может быть декодирована ее получателем без потери смыслового содержания.

Рассмотрим подробнее принципы построения компьютерных систем. Первоначально они предназначались для военных целей и имели строгую иерархическую структуру, а в их основе лежал принцип «один ко многим». В такой системе пользователь имеет строго ограниченный доступ к центральному компьютеру и не может взаимодействовать непосредственно с другими компьютерами. Такой принцип организации не позволил иерархическим системам выйти на глобальный уровень, хотя он находит применение в отдельных случаях. Бóльшее распространение получили системы, построенные по *сетевому принципу* «многие ко многим», который, прежде всего, отражает возможность доступа пользователя к любому элементу сети. Благодаря такому принципу организации стало возможным создание глобальных информационных сетей, таких как Интернет.

Построение такой сети производится по *фрактальному принципу*, то есть структура сети повторяется на всех ее уровнях. Термин «фрактал» был введен в 60-е гг. XX в. французским математиком Бенуа Мандельбротом для обозначения общности свойств геометрических фигур. Общим качеством для всех фрактальных систем является то, что «их характерные паттерны многократно повторяются на нисходящих уровнях так, что их части на любом уровне по форме напоминают целое» (7, с. 156). Фрактальная геометрия системы подразумевает возможность совершения на определенном этапе перехода от количества к

качеству, появления новых структур, обладающих эмерджентными (по отношению к более низким уровням) свойствами. Фрактальность системы подчеркивает ее децентрализованность, что характерно для Интернета, повсеместное распространение которого началось с создания ряда равноправных узлов взамен главного сервера в первоначальном варианте сети.

В философии постмодерна такому нелинейному способу организации систем соответствует понятие ризомы (Делез, Гваттари), подчеркивающее децентрарованный характер структур, все элементы которых равноправны и живут самостоятельной жизнью, оставаясь при этом частями единого целого. Системам, обладающим ризоматическим строением, свойственны нелинейность и нестабильность во взаимодействии элементов, что приводит к возникновению определенного потенциала самоорганизации.

Интернет представляет собой ризоматическую сеть, которая является благоприятной средой для формирования различных образований, возникновение которых вне сети затруднено или вовсе невозможно. Примерами этого могут служить чаты, форумы, виртуальные конференции, где все участники процесса живут своей жизнью и являются автономными, а явно выраженный лидер, как правило, отсутствует. Однако в процессе их взаимодействия формируется виртуальная структура, такая как клуб по интересам или форум по определенному вопросу. Существование таких структур не является стационарным, так как открытый доступ пользователей вызывает обменные процессы, непрерывную смену участников, превращая сеть в пространство для «карнавала», где самостоятельное, автономное бытие участников, объединенных общей идеей, приводит к образованию сколь угодно широкомасштабной структуры.

Ризоматичность Интернета проявляется и в способе организации информационных баз данных. Интернет можно представить как глобальный гипертекст, в котором при помощи ссылок разнородные тексты образуют единую децентрализованную структуру, построенную по фрактальному принципу, постоянно находящуюся в динамическом состоянии. В подобной динамической

системе процессы деструктурирования и самоорганизации идут параллельно и не всегда поддаются контролю извне.

Важным свойством глобальной сети является гетерогенность элементов, а также присущая ей эклектичность, отражающаяся в многообразии и неоднородности элементов сети (компьютеры, серверы, локальные сети и др.) и в наличии множества различных взаимосвязей между компонентами. Кроме того, Интернет является открытой системой, через которую проходит поток энергии и информации, обеспечиваемый открытым доступом всех пользователей, являющихся активными элементами сети. Открытость и сложность системы приводят к возникновению некоторой нестабильности, неустойчивости в ней, что определяет возможность эволюционного развития сети, причем не всегда контролируемого извне.

Таким образом, в основе современных компьютерных систем лежит сетевой принцип организации, для них также характерно фрактальное повторение структуры на различных уровнях системы, неоднородность элементов и нелинейность связей между ними, открытость, нестабильность во взаимодействии компонентов, что определяет потенциал самоорганизации системы и возможность ее эволюции. При этом несмотря на непредсказуемость поведения системы мы можем указать возможные варианты ее развития и повлиять на выбор того или иного сценария.

В процессе эволюции человек научился воспринимать информацию, представленную в различных физических сигналах, таких как акустические и электромагнитные волны, неоднородности поверхностей и т.д., но наибольшее количество данных мы способны получать при помощи зрения. Поэтому важнейшим для человека способом представления информации, в том числе при обучении, является ее визуализация. В тех случаях, когда она невозможна, понимание явления часто затруднено. Примером может служить квантовая механика, где визуальное представление микрообъектов невозможно в принципе.

Появление компьютерной техники создало абсолютно новые возможности визуализации, что оказало значительное влияние на ряд наук. Так, созданные в

первой половине XX века неинтегрируемые системы уравнений долгое время не вызывали серьезного научного интереса. После того как при помощи компьютерной графики удалось визуализировать численные решения этих уравнений, в науке произошла революция, связанная с возникновением синергетики. Наглядное представление предельных циклов и других странных аттракторов позволило «увидеть общность во многих задачах из весьма далеких на первый взгляд областей – нейрофизиологии и экономики, квантовой механики и логики, биологии развития и теории вычислений» (30, с. 273). Аналогичные примеры можно привести из астрономии, где развитие как теоретической, так и прикладной науки с возникновением новых информационных технологий вышло на качественно новый уровень.

Влияние новых информационных технологий на познавательную деятельность проявляется и в изменении методов познания, что можно рассмотреть на примере мысленного эксперимента, широко используемого в естественнонаучных дисциплинах. Его особенностью является активность воображения, которая позволяет включить «знание о процессах, недоступных непосредственному наблюдению» (8, с. 336). Работы по изучению особенностей визуализации ведутся в рамках иконики, то есть направления, предметом которого является «изображение как специфическая форма хранения и передачи информации» (там же, с. 338). В настоящее время значительный интерес для данного научного направления представляет физиология восприятия и когнитивных процессов. Использование изображений как средства представления знаний выгодно тем, что в качестве канала связи оно имеет максимальную пропускную способность, а как резервуар для хранения информации обладает максимальной информационной емкостью.

В современных технологиях представление информации не ограничивается только изображением, звуком или текстом. Как правило, все эти формы существуют одновременно, в связи с чем можно говорить об особом способе организации информации, называемом гипермедией. Преимуществом такой организации информации является то, что вместо последовательного

представления гипермедиа «выбирает наиболее приемлемый для пользователя вид и сокращает путь человека к цели» (там же, с. 341). При этом существенно увеличивается качество восприятия информации, так как в процессе познания задействовано несколько органов чувств.

Становление гипермедии укладывается в общую тенденцию развития гипертекстовой технологии. Гипертекст представляет собой нелинейную сетевую форму организации текстового материала, где текст членится на фрагменты с явно указанными для них переходами и связями. В процессе восприятия информации происходит переход от одного фрагмента к одному или нескольким другим. При этом текстовый материал теряет свою замкнутость, становится принципиально открытым, в него можно вставлять новые текстовые фрагменты (указывая для них связи с уже имеющимися), не разрушая структуру. Гипертекст предстает как способ представления не структурированного, свободно наращиваемого знания. Этим он отличается от различного рода понятийных моделей. На место поиска информации через ее соответствие поисковому образцу гипертекстовая технология ставит навигацию, то есть «перемещение от одних элементов накопленной информации к другим с учетом их смысловой "слитности"» (там же, с. 342).

Навигация в сети смысловых связей и выявление в ней виртуальных структур повышает возможность освоения информации в самых различных интеллектуальных процессах, таких как обучение, систематизация фактов, подготовка традиционных текстовых материалов. Навигация в гипертексте, выбор путей в сети связей активизирует ассоциации в сознании человека, помогает ему искать новые идеи. Человек может обратить внимание на какую-либо структуру в гипертекстовой сети как на систему взаимосвязанных единиц знания и рассматривать ее как основу некоторого интеллектуального продукта, который можно дополнить и развивать.

Компьютерная графика оптимизирует процесс зрительного восприятия значительных объемов информации. Графическая модель выступает «средством поддержки интуиции целостного "схватывания" ситуации, не позволяет

мышлению исследователя затеряться на уровне частностей изучаемых систем» (там же, с. 357). Современные средства компьютерной графики дают возможность специалисту изменять сложные алгоритмы по ходу исследования. Необычность компьютерной графики заключается в том, что многие виды деятельности, которые раньше казались не связанными с изображениями, сейчас уже могут рассматриваться как представимые с помощью средств машинной визуализации. Научная компьютерная графика должна помогать выявлению некоторых ранее неизвестных свойств абстрактных математических объектов. При этом в силу сложности самих объектов нет необходимости их полного исследования, достаточно уяснить себе главные качественные характеристики (например, наличие или отсутствие экстремумов).

Таким образом, современные информационные технологии представляют собой качественно новые средства обработки информации. В их основе лежат принципы конвенциональности, фрактальности, сетевой организации, открытости и интегрируемости с другими средствами и т.д., что приводит к возникновению определенного потенциала самоорганизации в этих системах. Возникнув для решения определенных информационных задач, современные технические средства сами изменяют характер процесса познания, выступают активными его участниками. Это влияние может быть как позитивным, например, приводить к возникновению нового знания при помощи визуализации, так и негативным, проявляющимся в ситуациях информационной «вседозволенности», расширении возможностей для плагиата и разрушении традиционных механизмов теоретического мышления.

Информационные направления в области конвергентных технологий могут быть классифицированы в следующие категории: вычислительные нанонауки и нейроинформатика, нанокомпьютинг, квантовые нанотехнологии, сенсоры и датчики, наноразмерная биоинформатика, биотехнологии и биокомпьютинг, вычислительная неврология, когнитивные технологии, образовательные технологии, технологии человеко-машинного взаимодействия, трансформативные инструменты и др.

В рамках всех этих направлений информационные технологии решают две основных задачи, а именно компьютерное моделирование объектов, процессов и систем, а также разработку и управление базами данных для хранения и обработки информации. Спецификой многих когнитивных, биотехнических и других исследований является то, что без предварительной обработки данных они для ученого являются слабоинформативными. В этом смысле для ученого природный объект заменяется уже не искусственной лабораторной системой, как утверждал Б. Латур, а обработанной вычислительными алгоритмами графической или цифровой информацией, виртуальными образами и системами.

3.3. Конвергентные технологии и Интернет вещей как основа четвертой промышленной революции

Научно-технический процесс часто описывается с использованием термина «революция», под которой может пониматься смена научных теорий, парадигм, картин мира или что-то еще. Однако несомненно, что структура научно-технических революций является намного более сложной. Концептуальные научные революции, предполагающие фундаментальные изменения в понимании мира, цели и задач науки, способов научного познания, весьма редки в истории науки. Наряду с ними выделяются технические, по сути – промышленные революции, связанные с внедрением какого-либо открытия или изобретения или их совокупности и радикальным изменением вследствие этого способа производства, технического уклада и общества в целом. При этом часто упускается из вида третий вид – инструментальные революции, которые происходят гораздо чаще, примерно каждые 10 – 20 лет. Именно они оказывают, в конечном итоге, определяющее влияние на развитие науки и техники, наступление промышленных и научных революций. На статус инструментальной революции в настоящее время претендует множество инноваций, прежде всего Интернет вещей, смарт-технологии, киберфизические системы и др. С их внедрением связывается идея новой промышленной революции, способной трансформировать не только производство, но и все остальные сферы общественной жизни.

Современный этап научно-технического развития все чаще называют новой промышленной революцией, подчеркивая, что границы между научными, техническими и производственными инновациями становятся все более размытыми. Последнее десятилетие ознаменовалось резким ростом количества «умных» устройств, внедрением технологий обработки больших данных, аддитивного производства, развитием систем машинно-машинного взаимодействия и, в конечном итоге, глобальной трансформацией Интернета, в

котором людям пришлось потесниться и уступить место миллиардам машин, использующим сеть для решения собственных задач.

Одним из наиболее заметных проявлений NBIC-конвергенции стали фундаментальные преобразования, начавшиеся в производственной сфере и основанные на информационных технологиях нового поколения, внедрении нанотехнологий и реализации когнитивного подхода в автоматизированном управлении производством. Эти инновации лежат в основе концепций новой промышленной революции, предложенных американской и германской группами исследователей.

Исследования промышленных революций в последние десятилетия не входили в круг приоритетных вопросов и направлений отечественной философии. Философские проблемы материального производства, ассоциирующиеся с марксистским подходом к пониманию общества, часто рассматриваются как ушедшая в прошлое проблема. Концепции постиндустриального общества, базирующиеся на идее о том, что ключевую роль в экономических и социальных процессах играют информация, знание и сфера услуг, также выводят на периферию исследования сферы производства. В то же время в 80–90-е гг. XX в. многие страны, такие как США и Япония, формировали концепции инновационного развития, а в философской литературе активно разрабатывались модели научно-инновационной деятельности, в рамках которых производству придается большое значение. Так, в модели тройной спирали, предложенной Г. Ицковичем и Л. Лейдесдорфом, индустрия рассматривается как равноценный участник научно-технического развития, производитель знания, причем только при таком условии возможно построение экономики, основанной на знаниях.

Инновационная направленность научной и экономической политики во многом определила фундаментальные изменения научно-технических программ, которые в настоящее время не ограничиваются «техническим заданием», а включают в себя попытки построения философского обоснования и анализа. Современные амбициозные направления прорывных исследований в области технологий базируются на концептуальных основаниях, затрагивающих природу

и будущее человека, социальных отношений, ценностей, идеологии. Складывается ситуация, когда внутри технологических или индустриальных проектов возникает потребность в философском осмыслении и гуманитарной экспертизе

Наиболее распространенным в периодизации промышленных революций является подход, в котором выделяются, помимо современной, три промышленных революции, связанных с переходом от ручного труда к машинному в XVIII в., внедрением конвейерного производства в начале XX в. и автоматизацией производства во второй половине XX в. Один из наиболее обсуждаемых вопросов состоит в том, была ли в реальности третья промышленная революция во второй половине XX в., традиционно понимаемая как внедрение автоматизированных систем управления. Здесь имеет место некоторое противостояние европейского и американского подходов.

Так, американский экономист Д. Рифкин не рассматривает автоматизацию и компьютеризацию производства как отдельную революцию, считая разработку компьютеризированных систем управления подготовкой к современной третьей промышленной революции, которая, по его мнению, базируется на «конвергенции новой коммуникации и энергии»¹. Ключевое отличие предприятий XXI в. состоит в замене преимущественно иерархически выстроенных направлений промышленного управления и взаимодействия горизонтальными, обеспечивающими возможность коллаборативного действия. В области промышленной коммуникации жесткие, основанные на подчинении способы организации замедляют динамику развития предприятия, поэтому организационный стиль становится распределенным, горизонтальным, сетевым. Более того, в ряде важных современных областей, таких как глобальная логистика или информационные технологии, только такой способ может приносить

¹ Rifkin J. The Third Industrial Revolution: How the Internet, Green Electricity, and 3-D Printing are Ushering in a Sustainable Era Distributed Capitalism // The World Financial Review. March – April 2012. – P. 8.

результат. Другая важная особенность состоит в замене невозобновляемых источников энергии новыми видами распределенных энергетических ресурсов и технологий. Традиционные производства, использующие нефть, газ, уголь, становятся все более дорогими и теряют конкурентоспособность. На первый план выходят распределенные ресурсы, такие как энергия солнца, ветра, геотермальных подземных источников, биомассы и т.д., к которым все страны имеют практически паритетный доступ.

Но третья промышленная революция, по Рифкину, изменяет не только производство, она – «одновременно и последний этап великой промышленной эпопеи, и первый этап зарождающейся эры сотрудничества»¹. Она представляет собой связующее звено между двумя периодами экономической истории, в одном из которых во главу ставится индивидуальное усердие, а в другом – сотрудничество. Если в промышленную эру главными были дисциплина и тяжелый труд, вертикальная организация, финансовый капитал, рыночный механизм и частнособственнические отношения, то эра сотрудничества – это больше креативная игра, горизонтальное взаимодействие, социальный капитал, участие в открытых сообществах и доступ к глобальным сетям. Такое превращение промышленной революции в революцию, основанную на сотрудничестве, с точки зрения Рифкина, «является одним из величайших поворотных событий в экономической истории»².

Питер Марш в книге «Новая промышленная революция: потребители, глобализация и конец массового производства»³ определяет современную

¹ Рифкин Д. Третья промышленная революция: Как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом / Джереми Рифкин; Пер. с англ. – М.: Альпина нон-фикшн, 2014. – С. 359.

² Там же. – С. 363.

³ Марш П. Новая промышленная революция: потребители, глобализация и конец массового производства. / пер. с англ. А. Шоломицкой. – М.: Издательство Института Гайдара. – 420 с.

промышленную революцию как пятую. Начавшаяся в Великобритании первая промышленная революция привела к наступлению новой эры в конце XVIII века. Преобразования продолжились в XIX веке и к 1850 г. превратили Великобританию в страну с наиболее развитым фабричным производством. Однако на лидирующих позициях Великобритания продержалась не больше 50 лет: приблизительно в 1895 г. ее обогнали США, которые сохранили лидерство до 2011 г., уступив в итоге первенство Китаю. Вторая промышленная революция, начавшаяся примерно в 1850 г., была революцией транспорта и коммуникаций. Она воплотилась в усовершенствованиях в судостроении, появлении железных дорог и изобретении электрической телеграфии. Третья революция была вызвана переворотом в научном мышлении, главным образом в математике, химии и физике. Перемены начались уже в 1890 г. с запуском первых электростанций, позволивших появиться ряду невозможных ранее производственных процессов. Изменились технологии, и на рынок стали поступать крупные партии недорогой стали, новые химические вещества, включая лекарства, красители и промышленное сырье (например, серная кислота).

Четвертая промышленная революция была связана с изобретением компьютеров и электронной техники. Она началась приблизительно в 1950 г. и набрала силу 30–40 лет спустя. Эта революция принесла в наш мир персональные компьютеры, высокоскоростные маршрутизаторы и Интернет¹.

Первые четыре революции в основном сказались на богатых в нынешнем понимании этого слова странах. Это привело к тому, что страны, первыми вкушившие плоды технического прогресса, сохранили за собой лидирующие позиции приблизительно до 1990 г.

Только после этого изменения, вызванные всеми четырьмя революциями, смогли повлиять на жизнь стран, не относящихся к развитым. Так, в течение последних 15–20 лет ведущие развивающиеся государства во главе с Китаем

¹ Новая промышленная революция [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.unido-russia.ru/archive/num_14/art14_14/ (дата обращения: 01.11.2015).

начали занимать важные позиции в промышленной среде, чего не было на протяжении 150 лет.

Самой важной из всех пяти революций была, без всякого сомнения, первая. Однако наибольший эффект возымела последняя – пятая. Движущей силой новой промышленной революции стали девять основных факторов:

- 1) бурное развитие новых технологий в различных областях, начиная с электроники и заканчивая появлением новых материалов, совместное использование которых привело к значительному повышению эффективности;*
- 2) появление новых возможностей в адаптации и индивидуализации продукции;*
- 3) рост важности секторов производства специализированных продуктов и оказания специализированных услуг – так называемых нишевых отраслей;*
- 4) расширение использования глобальных сетей, выражающееся в объединении цепочек поставок продукции и информационных потоков;*
- 5) рост важности кластеров – объединений предприятий, расположенных в определенных районах, способных эффективно взаимодействовать друг с другом и зачастую связанных с партнерами во всем мире при помощи глобальной сети;*
- 6) увеличение доли растущих экономик (например, Китая и Индии) в мировом производстве;*
- 7) увеличение влияния экологических факторов на деятельность производителей, включая тип производимых товаров или вид используемых процессов;*
- 8) расширение использования услуг, поддерживающих основную деятельность производителей;*
- 9) увеличение роли независимых производителей – людей с*

неординарными идеями, которые не боятся выступать против устоявшихся традиций, но зачастую нуждаются в поддержке для достижения поставленных целей¹.

Многие из этих факторов не являются по сути новыми. Однако степень успешности их применения, в том числе в сочетании друг с другом, отделит победителей от проигравших, по мере того как новая промышленная революция начнет набирать обороты. Используя даже некоторые из этих факторов, ряд промышленников из стран с высокой стоимостью жизни в следующие 10–20 лет укрепит свое положение. Однако для этого необходимо соблюдение ряда условий, к которым относятся, прежде всего, следующие: стимулирование интереса к нестандартным сочетаниям новых технологий; разработка новых идей, которыми могут воспользоваться существующие и развивающиеся коммерческие кластеры; помощь предпринимателям во включении в мировые цепочки поставок и информационные потоки с целью эффективной коммуникации компаний из одной части мира с любыми другими.

Европейский подход, представленный, прежде всего, в Германии, основывается на традиционном выделении в истории трех промышленных революций, а современный этап рассматривает как четвертую, получившую название Industry 4.0. Концепция четвертой промышленной революции основывается на том, что автоматизация производств, активно осуществлявшаяся в XX в., носила закрытый локальный характер. Системы управления разрабатывались для каждой сферы, а часто и для каждого предприятия отдельно и, как правило, были несовместимы друг с другом. На волне внедрения новых программ для управления предприятиями в 2000-х гг. многие системы обеспечили возможность взаимодействия, однако на уровне непосредственного производства автоматизированные сети все также носят локальный характер.

¹ Новая промышленная революция [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.unido-russia.ru/archive/num_14/art14_14/ (дата обращения: 01.11.2015).

Кроме того, сохранявшаяся на протяжении всех предыдущих этапов промышленного развития тенденция к увеличению массового производства изначально содержит системный дефект. Удешевляя и ускоряя создание конкретного продукта, массовый принцип производства парадоксальным образом препятствует его развитию, т.к. он «с неизбежностью предполагает быстрое "застывание" конструкции, затрудняя ее обновление»¹. Кроме того, разрыв между массовым и штучным производством приводит к увеличению затрат и, в конечном итоге, стоимости и цены уникальных товаров, которые не перестают играть важнейшую роль во многих важных областях от космических технологий до производства одежды и обуви. Потребность в производстве уникальных товаров по цене массовых также явилась одной из причин современной промышленной революции.

Наступление четвертой промышленной революции связывают с развитием глобальных промышленных сетей, к которым будут подключены все процессы производства самых различных предприятий. История Интернета наглядно показала, какие социальные и экономические трансформации способны произвести глобальные коммуникационные сети. В настоящее время запускается ряд проектов глобальных промышленных сетей, с которыми связывается наступление четвертой промышленной революции. Флагманом этого процесса является Германия со Стратегией высоких технологий.

Интеграция производства и сферы интеллектуальных технологий должна выйти на такой уровень, который бы позволил производимому продукту взаимодействовать с любым необходимым объектом в глобальной сети. Акторами этой сети становятся «умные продукты», которые при помощи сенсоров и систем коммуникации смогут самостоятельно децентрализованно управлять своим собственным производством. Продукту передаются функции источника информации, изменения окружающей его среды, контроля над процессом своего создания и сетевого взаимодействия с другими элементами производства. Речь

¹ Наука по-американски: Очерки истории. – С. 353.

идет уже не о реализации парадигмы человеко-машинной коммуникации, заявленной в эпоху автоматизации, а о построении среды машинно-машинного взаимодействия, связывающей технические объекты также, как Интернет сейчас объединил людей. Это позволит даже самым крупным производствам повысить гибкость и продуктивность работы, ранее бывших преимуществом небольших или не связанных с организацией производства компаний.

Промышленные сети, успешно реализуемые в настоящее время на уровне отдельных государств, таких как Германия и Япония, не предполагают создания дополнительной глобальной сети, подобной Интернету. Скорее, локальные структуры будут объединяться друг с другом при помощи успешно существующей всемирной паутины. Это предполагает ряд существенных изменений в самом Интернете, который уже сейчас не является просто сетью, объединяющей людей. Множество устройств, использующих его, в середине 2000-х годов превысило не только количество людей, пользующихся глобальной паутиной, но и численность населения планеты. Датчики, сенсоры, роботы, гаджеты стали такими же участниками информационного взаимодействия.

Таким образом, в настоящее время есть несколько технологий, претендующих на статус основополагающих для новой промышленной революции. Всех их объединяет новый, киберфизический подход к конструированию искусственных систем.

В 2006 г. директор по встроенным и гибридным системам Национального научного фонда США Хелен Джилл ввела термин «киберфизические системы» для обозначения комплексов, состоящих из природных объектов, искусственных подсистем и контроллеров¹. Именно с такими системами связана важнейшая проблема модернизации производства и экономики. Внедряемые информационные технологии и встроенные системы сами по себе непосредственно не производят материальные объекты. Если один из идеологов

¹ Cyber-Physical Systems (CPS) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nsf.gov/pubs/2008/nsf08611/nsf08611.pdf> (дата обращения: 01.11.2015).

современной промышленной революции К. Андерсон еще в начале 2000-х гг. писал о «полном избавлении от атомов и превращении их в биты», то в книге *Makers: The New Industrial Revolution*, он приходит к противоположной идее: «атомы – это новые биты»¹.

Изменив организацию управления, информационные технологии дали возможность вынести производство в развивающиеся страны, но не повлияли кардинально на технологии создания продукта. В итоге возникла зависимость Европы и США от стран Азии, на территории которых расположены основные производства, освобождение от которых стало одной из наиболее обсуждаемых тем в последнее время. Все чаще звучит идея обратного аутсорсинга, т.е. возвращения производства в западные страны, но уже в новом виде экологичных автоматизированных фабрик, сводящих к минимуму тяжелый физический труд и способных работать при участии всего нескольких человек.

Если встроенные системы подразумевали оперативное реагирование на изменения среды и технологического процесса, то основной идеей разработки киберфизических систем является связь вычислительных и физических процессов, т.е. включение физических объектов непосредственно в саму проектируемую систему, при котором они перестают быть чем-то внешним и становятся ее частью. Этим определяется специфика проектирования и функционирования киберфизических систем. Ставя перед ними задачу самообучения и адаптации, человек неизбежно признает ограниченность своего контроля – надежность таких систем в принципе не может быть стопроцентной. Сами методы проектирования также требуют изменений. Если традиционные методы программирования практически не учитывают фактор времени, то киберфизические процессы потребуют динамического самопрограммирования в режиме реального времени.

Сфера применения киберфизических систем довольно широка, но наиболее востребованными они являются в области производства, строительства,

¹ Anderson C. *Makers: The New Industrial Revolution*. CrownBusiness, 2012. – 260 p.

транспорта и энергосбережения. Например, умная электрическая сеть (Smart Grid) может объединить несколько производственных электростанций с множеством нагрузок и в режиме реального времени осуществлять динамическую балансировку нагрузки и ценообразование. Умные здания интегрируют датчики, как правило, беспроводные в рамках систем управления для освещения, вентиляции и кондиционирования воздуха и обеспечения безопасности. Киберфизические системы в сфере производства представлены умными станками и машинами, технологиями 3D-печати и аддитивного производства в целом, инструментами нового поколения. Если роботы до последнего времени были оправданы на производстве только для стандартизированных повторяющихся операций, то гибридные системы, способные адаптироваться к изменениям, могут значительно расширить область действий автоматизированных систем.

Показателен проект Массачусетского технологического института по созданию роботизированного сада, в рамках которого была создана полностью автоматизированная теплица для выращивания томатов. На примере такой системы продемонстрированы многие технологии и возможности гибридных технологий: автономные роботы и датчики, распределенный характер работы с самоуправлением в режиме реального времени, «умные» элементы, мобильность и автономность. Полученным результатом стало преобразование энергии, воды и питательных веществ в продукцию, что и является целью современных подходов к организации производства.

Важным направлением является разработка мобильных киберфизических систем, использующих вычислительные мощности, сенсоры и средства связи уже ставших привычными смартфонов и планшетов. Примерами таких технологий могут служить средства автоматического контроля содержания углекислого газа, отслеживания антропометрических показаний людей, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями, анализа физических нагрузок пользователя и т.д.

Подводя итог, можно сказать, что принципиальным преимуществом киберфизических систем является превращение в ценную информацию тех данных, которые и для человека, и для технологий предыдущих поколений были

бесполезны. Данные, собранные самым обычным термостатом, могут рассказать об образе жизни владельца если не все, то очень многое. Такие технологии неизбежно потребуют изменения наших представлений о безопасности и контролируемости создаваемых человеком технологий.

Задача разработки киберфизических систем показала важность интеграции современных технических объектов в сетевое взаимодействие, которое может позволить им реализовывать требуемые функции при минимальном вмешательстве человека. Данное явление отражено в концепции Интернета вещей (Internet of T hings), которая была разработана еще в конце 90-х гг. в Массачусетском технологическом институте, но только в последние несколько лет достигла стадии зрелости и превратилась в технологию, способную оказать значительное влияние на технику и общество. Ее внедрение подразумевает два основных направления, а именно организацию нового типа промышленности, при которой продукты, имеющие сенсоры, могут управлять своим производством, и объединение в глобальную сеть технических объектов, окружающих человека, создание для них общей информационной среды. Концепция Интернета вещей исходит из идеи о том, что создание единой среды для проводного и беспроводного взаимодействия множества технических объектов и системы их уникальной адресации может дать возможность этим объектам взаимодействовать друг с другом для создания новых приложений или сервисов и достижения общих целей.

Интернет вещей – это концепция пространства, где все объекты аналоговых и цифровых миров могут быть совмещены, что существенно изменит отношения человека с этими объектами, а также атрибуты и сущность самих объектов¹. При этом Интернет вещей работает одновременно на всех уровнях:

¹ Рынок «интернета вещей» резко вырастет в ближайшие годы // Maxpark [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://maxpark.com/community/529/content/2065899> (дата обращения: 19.07.2015)

инфраструктурном, аппаратном, программном и прикладном, на уровне сервисов¹.

По сути, Интернет вещей является прототипом будущего Интернета, который отличается от своего текущего состояния следующими признаками²: основной фокус будет на машинах (устройствах), а не на человеке (пользователе); значительно увеличится число объектов, подключенных к сети; ключевой операцией будет считывание данных, а не установление соединения; произойдет уменьшение среднего размера объекта, подключенного к сети, в связи с чем уже сейчас возникает необходимость существенных изменений инфраструктуры и разработки альтернативных стандартов.

Объекты-пользователи Интернета вещей должны иметь физические признаки и средства идентификации, поддерживать различные интерфейсы подключения к сети и протоколы, поэтому на первый план выходят современные технологии идентификации, измерения, обработки и передачи данных.

Цель Интернета вещей заключается в предоставлении вещи, техническому объекту «возможности для соединения в любое время, в любом месте, с любым чем-то и кем-то, используя любой путь, сеть или услугу»³. Ее достижение приведет к созданию нового гибридного мира, в котором реальность, цифровое

¹ Краненбург Р. ван Форум «Интернета вещей» и его проблемы в Бразилии // Internet of Things – Russia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://internetofthings.ru/gosudarstvo/29-rob-van-kranenburg-forum-interneta-veshchej-i-ego-problemy-v-brazilii> (дата обращения: 19.07.2015).

² Интернет вещей и межмашинные коммуникации. Обзор ситуации в России и мире // J'son & Partners Consulting [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://web.json.ru/poleznye_materialy/free_market_watches/analytics/internet_vewej_i_mezhmashinnye_kommunikacii_obzor_situacii_v_rossii_i_mire/ (дата обращения: 19.07.2015).

³ Vermesan O., Friess P. Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems. – Aalborg.: River Publishers, 2013. – P. 8.

пространство и виртуальность конвергируют и создают умную среду. Вещи получают уникальные имена, информацию о себе и право совершать интеллектуальные операции, вступая в коммуникативные отношения с другими вещами, делая запросы и предоставляя свои данные без участия человека.

Прогнозы ведущих компаний, разрабатывающих форсайты для данной области, таких как Cisco, Ericsson, Google и др., говорят о том, что к 2015 году количество устройств, подключенных к Интернету, достигнет, по разным оценкам, 15–60 млрд¹. Указанные цифры представляют собой минимально возможные значения, поскольку на данный момент не решена проблема обеспечения питанием микроустройств. Ее решение является определяющей задачей для четвертой промышленной революции. Разработка технологий, позволяющих микро- и наноустройствами самим получать энергию из окружающей среды для обеспечения своих нужд, будет тем поворотом, который принципиально изменит производство, использование продуктов, а также технико-технологическую и коммуникационную среду обитания человека. Новые машины получают не только возможность коммуникации с людьми и артефактами, но и самостоятельность существования, автотрофность, более высокую степень независимости от человека.

Интернет 2000-х годов развивался под влиянием потребностей людей, его главным новоприобретением были социальные сети. Изменения, происходящие с глобальной сетью сейчас, куда более радикальные, они захватывают фундаментальные принципы и технологии технического и программного обеспечения². Для Интернета вещей человек и устройство являются

¹ Дроздов С., Золотарев С. EurotEch, «Интернет вещей» и «облако устройств» // Control Engineering. – 2012. – № 8. – С. 19.

² Принципиальные изменения состоят в переходе с протокола IPv4 на IPv6, который позволит подключить к сети практически все технические устройства; замене протокола обмена данными HTTP на MQTT; быстром распространении облачных технологий и т.д. См. Дроздов С., Золотарев С. EurotEch, «Интернет вещей» и «облако устройств» // Control Engineering. – 2012. – № 8. – С. 18–24.

равнозначными акторами. Можно утверждать, что в настоящее время приоритетом развития сети является не объединение людей, а интеграция технической среды в глобальное взаимодействие. Самое удивительное в отношении Интернета вещей состоит в незаметности его становления для большинства людей, которые ежедневно практически живут в сети, но не подозревают того, что в ней машин больше чем людей. Роб ван Краненбург отмечает, что наиболее глубокими и продвинутыми технологиями являются те, которые незаметны, они «вплетают себя в ткань повседневной жизни до тех пор, пока не станут неотличимы от нее»¹.

Примечательно, что важнейшим условием развития Интернета вещей на современном этапе является именно обеспечение конвергентного взаимодействия устройств. Уровень развития программного и аппаратного обеспечения уже сейчас может обеспечить функционирование смарт устройств, однако именно разработка единых протоколов, стандартов и платформ для обеспечения согласованного взаимодействия машин является наиболее серьезной задачей, без решения которой достижение поставленных целей невозможно. Можно сказать, что условием дальнейшего развития интеллектуальных устройств является киберсоциализация, обеспечение возможности для машин самостоятельно коммуницировать хотя бы на уровне обмена данными, создание единого «языка» кибервзаимодействия и общих правил коммуникации.

Тем не менее Интернет вещей нельзя понимать только как огромную систему не зависящих от человека машин, он может быть рассмотрен как «глобальная сеть, соединяющая людей, данные и машины»². Как и в программах конвергентных технологий, концепция Интернета вещей использует понятие «enabling technologies», под которыми в данном случае понимаются технические

¹ Kranenburg R. van. The Internet of Things. A critique of ambient technology and the all-seeing network of RFID. Amsterdam, 2008. – P. 10.

² Vermesan O., Friess P. Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems. – P. 9.

решения, делающие возможным конвергентное взаимодействие устройств. При этом называемые решения могут быть как фундаментальными направлениями, такими как семантическая обработка данных, так и конкретными средствами или изобретениями, такими как RFID¹-метки, введение которых кардинально изменило многие сферы экономики и общества. Кроме них, к числу основополагающих, или ключевых, технологий, сделавших возможным появление концепции Интернета вещей, относят сенсорные датчики и сенсорные сети, мобильный Интернет, системы семантического поиска, облачные технологии, системы машинно-машинного взаимодействия (M2M) и др.

В функциональном плане Интернет вещей предполагает разработку «интеллекта», или смарт-обеспечения машины, который понимается как объединение трех групп технологий: позволяющих техническому объекту самостоятельно получать контекстуальную информацию; дающих устройству возможность обрабатывать контекстную информацию; обеспечивающих безопасность и конфиденциальность. Последняя группа, строго говоря, не является функционально необходимой для устройства, однако без нее развитие Интернета вещей становится невозможным.

В итоге вокруг современного человека формируется среда машинного взаимодействия. Окружающие нас устройства становятся все более функциональными и самостоятельными, а объединение их в сеть, безусловно, приведет к качественным изменениям техносферы. В области информационных технологий и компьютерных наук формируется новое направление, связанное с разработкой концепции интеллектуальной среды.

¹ RFID – способ автоматической идентификации объектов, в котором посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах, особых изображениях, генерируемых по заданным правилам. Примером может служить маркировка товаров квадратными картинками, распознаваемыми сканером кассира.

Все теоретики, описывающие происходящие технологические трансформации, сходятся во мнении о том, что их главным отличием от технических инноваций предыдущих поколений является социально-гуманитарная нагруженность, т.к. они не просто направлены на удовлетворение нужд человека, а используют алгоритмы и особенности поведения человека и социальных групп в качестве основы своей деятельности. Серьезность происходящих изменений дает нам основание говорить об антропологическом повороте в научно-техническом развитии.

Человек становится не только создателем и потребителем техники, но и образцом, моделью в процессе получения технического знания. Хотя в современной культуре господствуют представления об уникальности и неповторимости человека, его мозга и интеллекта, мы уже живем в искусственном мире, копирующем самые разные проявления человеческого: логику, мышление, восприятие, даже эмоции. Искусственные системы имитируют устройство и работу кисти, ступни, органов чувств, мозга, сердца. Можно сказать, что человек творит вторую природу по своему подобию.

Человек вновь становится мерой всех вещей, с той разницей, что границы человеческого определить становится все сложнее, поскольку техническое уже не только снаружи, но и внутри, в виде искусственных тканей, органов, лекарств и т.д. Обучение, воспитание, формирование мировоззрения идут при непосредственном участии технологий. В связи с этим первостепенное значение получают этические, нравственные вопросы, осложняемые тем, что человек, с одной стороны, не понимает, что в технологиях полезно, а что несет вред, с другой стороны, избалованный дарованной ему научно-техническим прогрессом легкостью удовлетворения повседневных нужд, он не готов отказаться от технологических благ эпохи потребления.

3.4. Когнитивная наука как область производства эпистемических практик

В первой программе NBIC-конвергенции Роко и Бейнбриджа особое место было отведено исследованию когнитивных структур, процессов и познавательной деятельности человека. Не случайно наряду с нано-, био- и информационными технологиями стоит одно научное направление – когнитивное. Ответы на вопросы о том, как получается, хранится и обрабатывается мозгом человека информация, каковы условия управления этой деятельностью и повышения ее эффективности, как можно эти знания использовать для моделирования искусственных систем, имеют определяющее значение как для будущего конвергентных технологий, так и для решения задачи «усиления возможностей человека», или его «улучшения».

Интеллектуальные истоки когнитивной науки восходят к 1950-м гг., когда в противовес бихевиоризму стали формироваться исследовательские направления в области понимания разума на основе комплексных представлений и вычислительных процедур. Джордж Миллер в знаменитой работе « 7 ± 2 », обобщив многочисленные исследования, показал, что способности человеческого мышления ограничены кратковременной памятью, которая способна поддерживать в среднем семь единиц информации. Он предположил, что ограничения памяти могут быть преодолены путем перекодирования информации в более крупные единицы, ментальные репрезентации, что требует осуществления процедур кодирования и декодирования информации. В это же время, в эпоху примитивных вычислительных машин, пионеры компьютерных наук, такие как Джон Маккарти, Марвин Мински, Аллен Ньюэлл, и Герберт Саймон, ввели понятие искусственного интеллекта и сформулировали основные принципы и подходы этого направления. Кроме того, Ноам Хомский отклонил бихевиористские предположения о языке как о результате научения и предложил понимание языка с точки зрения ментальных грамматик, основанных на правилах.

Указанные идеи стали основой для разработки новой эпистемологической стратегии исследования познавательной деятельности как совокупности

процессов преобразования информации и построения информационных моделей, которая оказалась крайне полезной в эвристическом плане. Представление о том, что мышление представляет собой информационный процесс и может быть описано в терминах вычисления, по сути, сделало возможным информационную революцию второй половины XX в., развитие искусственного интеллекта, моделирование нейронных структур и систем.

Организационно когнитивная наука формируется в 70-е гг. XX в. в исследованиях в области искусственного интеллекта, и тогда же появляется сам термин. На современном этапе к когнитивным исследованиям относят эпистемологию, нейронауки, экспериментальную психологию познания, искусственный интеллект, структурную лингвистику, когнитивную антропологию, социальную когнитивную науку. Активно происходит интеграция когнитивной науки с новыми дисциплинами, в результате чего появились такие направления, как нейроэкономика, нейромаркетинг и др. В целом, происходит смещение фокуса когнитивной науки в сторону субъекта как уникального индивида и его социального взаимодействия. Возникает понятие когнитивных технологий, которые, находясь в настоящее время только в состоянии становления, в перспективе будут востребованными в науке и обществе. Изменилось понимание задач искусственного интеллекта. Если в 60–70-е гг. оптимистично настроенные пионеры этой области говорили о создании искусственного разума в ближайшее время, то сейчас понятно, что мы еще очень далеки от этого. В то же время наиболее востребованными и активно развивающимися стали технологии усиления естественного интеллекта: интеллектуальные базы данных, поисковые системы, системы распознавания образов, «умные» приложения. Все они, не являясь искусственным интеллектом в сильном понимании, дополняют естественный интеллект и помогают человеку существовать в современном информационном мире.

Методологическую основу когнитивной науки как междисциплинарного направления, исследующего познавательную деятельность человека в самом широком ее проявлении, составляют экспериментальная психология,

компьютерное моделирование и информационный подход. Теоретическая составляющая когнитивных исследований базируется на построении вычислительных (информационных) моделей, имитирующих различные аспекты интеллектуальной деятельности человека. Помимо этого каждое из частных направлений, входящих в состав когнитивной науки, имеет свою методологическую специфику. Так, Н. Хомский и его последователи анализируют язык через выявление грамматических принципов, которые обеспечивают основную структуру человеческих языков, а в рамках противоположного подхода, в когнитивной лингвистике, наоборот, упор делается не на анализ синтаксиса, а на изучение семантики понятий. Когнитивная антропология представляет собой подход к пониманию человеческого мышления через выяснение того, как мысль работает в различных культурных средах и чем различаются социальные и культурные схемы разных народов.

Философия занимает в системе когнитивного знания особую роль, хотя традиционно не предполагает эмпирического исследования за исключением экспериментальной эпистемологии. Можно отметить сложившуюся традицию логико-философского анализа языка, исследований сознания и его связи с мозгом в рамках аналитической философии сознания, философские подходы к пониманию искусственного интеллекта и многие другие направления.

В самой философии взаимодействие с когнитивной наукой привело к натуралистическому повороту в эпистемологии, когда метафизические концепции сознания, мышления, языка, свободы воли и т.д. получили возможность соотнесения с эмпирическими данными психологии, нейрофизиологии, информатики. Возникшая дискуссия по поводу того, может ли философия оставаться чистым знанием, не зависящим от частных наук, или она должна опираться на их экспериментальные данные, привела к переосмыслению функций философии, роли метафизики и ее методов в познании мира. Среди эпистемологических проблем, на которые оказало влияние развитие когнитивных исследований, можно отметить представления о врожденном знании и априорных когнитивных структурах, понимание ментальных репрезентаций как визуальных

и языковых структур, представление знаний, проблему «духа и тела» в аспекте взаимодействия сознания и мозга, свободу воли и природу моральных законов и т.д.

Прорыв в когнитивных исследованиях последних 10–15 лет связан с инструментальной революцией – массовым внедрением магнитно-резонансной томографии, значительно расширившей возможности когнитивной науки по сравнению с предыдущими этапами, ограниченными сложно применимыми к человеку инвазивными методами или гораздо менее точными технологиями электроэнцефалографии. Можно утверждать, что основная задача всех когнитивных дисциплин на современном этапе – это понимание организации и принципов работы мозга. В это время активно стала обсуждаться необходимости развития не только когнитивной науки, но и когнитивных технологий как способов и средств воздействия на познавательные способности, сознание и поведение человека.

Когнитивная наука занимает в структуре NBIC-конвергенции особое место. Это единственное направление, в названии которого нет слова «технология». Исходной идеей М. Роко и Бейнбриджа было то, что именно когнитивные исследования, понимание работы мозга и познавательных процессов станут теоретической основой, благодаря которой богатый инструментарий нано-, био- и информационных технологий сможет быть эффективной использован для решения главной задачи программ конвергентных технологий – улучшения качества жизни человека как в трансгуманистическом ключе, характерном для американского варианта NBIC-конвергенции, так и в социальном плане, на который ориентирован европейский вариант А. Нордманна.

В связи с этим имеет смысл говорить не об эпистемических практиках в когнитивной науке (т.к. ее объект, человек, безусловно, не является техническим), а *о когнитивной науке как об области, в которой разрабатываются эпистемические практики для других направлений, входящих в структуру конвергентных технологий.* Исследование основных проблем когнитивной науки, связанных с представлением и извлечением знаний, распознаванием образов и

различных паттернов, восприятием, обработкой естественного языка, механизмами возникновения ментальных репрезентаций, принятием решений, стало основой для множества методов, которые в дальнейшем стали эпистемическими практиками, применяемыми в области информационных и социальных технологий.

Доминирующим направлением, с которым так или иначе связывалось большинство когнитивных исследований, стала задача создания искусственного интеллекта, которая в своем эпистемологическом аспекте может быть определена как исследование возможности воспроизведения познавательных способностей человека в искусственных, прежде всего компьютерных, устройствах.

Термин «искусственный интеллект» понимается и употребляется в литературе в различных смыслах. С одной стороны, так называют некоторое техническое устройство, которое, возможно, будет создано в будущем, обладающее способностью, как минимум, осуществлять разумную деятельность или даже осознавать себя и свое поведение. Такое мнение высказывается в рамках так называемого «сильного» искусственного интеллекта, сторонники которого предлагают рассматривать человека как мыслящую машину и признают возможность полного воспроизведения его интеллекта в каком-либо искусственном устройстве¹. Представители такого подхода исходят из утверждения о том, что «свойства разума могут быть присущи логическим действиям любого вычислительного устройства»². Разница между современной вычислительной машиной и мозгом видится ими в степени усложненности алгоритмов работы, которая, в принципе, может быть преодолена.

При таком подходе главной целью исследований в области искусственного интеллекта является получение ответа на вопрос, как запрограммировать

¹ Д. Серл, Д. Хофштадтер и др. См. Searle J. Minds, Brains, and Programs // The Philosophy of Artificial Intelligence, in M. Boden, ed. – Oxford University Press, 1990.

² Пенроуз Р. Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики / Пер. с англ.; Общ. ред. В.О. Малышко. – М.: Эдиториал УРСС, 2003. – С. 30.

вычислительную машину, чтобы процессы обработки вводимой в нее информации, по крайней мере, по их конечному результату, были подобны тем, которые происходят в нервной системе человека, когда он принимает решение и делает выводы. При этом задача разработки искусственного интеллекта состоит не только в достижении способности максимально возможно имитировать различные аспекты деятельности человеческого разума при помощи машин, но и добиться развития способностей человека в этих направлениях.

При другом подходе термин «искусственный интеллект» употребляется для обозначения искусственных систем (технических и программных), которые в своей деятельности лишь имитируют отдельные аспекты интеллектуального поведения человека. С этой точки зрения, цель данного направления состоит в создании «автоматизированных систем, выполняющих те же функции, что и творческая личность, во всяком случае, в их простейших проявлениях»¹.

Такое понимание искусственного интеллекта и его цели лежит в основе подхода, называемого «слабым» искусственным интеллектом. Согласно этой концепции, человеку присуща наивно-психологическая установка приписывания ментальных свойств различным объектам, в том числе компьютеру. Следовательно, неправомерно ставить вопрос о создании «думающих», или «мыслящих» машин, речь может идти только о реализации отдельных процессов, которые принято называть интеллектуальными. В рамках данного подхода создаются экспертные системы, то есть программы, способные в определенных ситуациях при принятии решений заменять человека-специалиста.

Кроме того, под искусственным интеллектом часто понимается направление научных исследований, занимающееся разработкой и созданием сложных машин, способных выполнять интеллектуальные действия, аналогичные человеческим. Однако в постановке целей и задач создания искусственного интеллекта у представителей данного подхода нет однозначного, общепринятого взгляда. Так,

¹ Представление и использование знаний / Пер. с япон.; под ред. Х. Уэно, М. Исидзука. – М.: Мир, 1989. – С. 5.

один из основоположников такого понимания искусственного интеллекта А. Эндрю считает основной целью данного направления создание искусственных систем, способных «выполнять не хуже (а возможно, и лучше) человека ту работу, которую люди традиционно относят к сфере интеллектуального труда»¹. Такой подход к определению задач искусственного интеллекта впоследствии был назван прагматическим, поскольку его сторонники обращают внимание, в первую очередь, на практическую пользу интеллектуальных машин.

Вместе с тем уже на ранних этапах развития искусственного интеллекта ставились и другие познавательные задачи, так как проблема его создания «в сущности, неотделима от вопроса о познании человеком самого себя»². В этом смысле идея искусственного интеллекта возникает как метафора самосознания человека, что связано с убеждением, что понять какую-либо вещь означает «предъявить модель этой вещи»³.

В связи с этим наряду с разработкой интеллектуальных машин, основными целями создания искусственного интеллекта являются построение теории интеллекта, базирующейся на обработке информации, а также выяснение деталей интеллектуального поведения, проявляющегося у людей и животных. Признавая фундаментальный характер исследований по искусственному интеллекту и их роли в познании человека, представители современных компьютерных наук, анализируя вопрос, поставленный А. Тьюрингом, «могут ли машины мыслить?», утверждают, что «сама проблема искусственного интеллекта есть не что иное, как

¹ Эндрю А.М. Искусственный интеллект / Пер.с англ.В.Л.Стефанюка; Под ред. [и с предисл.] Д.А. Пospelова. – М.: Мир, 1985. – С. 6.

² Вейценбаум Д. Возможности вычислительных машин и человеческий разум. От суждений к вычислениям / Пер. с англ.; Под ред. А.Л. Горелика. – М.: Радио и связь, 1982. – С. 8.

³ Павлов К.А. Существует ли неискусственный интеллект? // Вопросы философии. – 2005. – №4. – С.76.

попытка ответить на этот вопрос»¹.

Анализ и обработка естественного языка являлись одними из основных эпистемологических проблем в искусственном интеллекте, начиная с момента возникновения данного направления. Не претендуя на исчерпывающее рассмотрение этой проблемы, необходимо дать анализ отдельных ее аспектов, показывающих вклад исследований в области искусственного интеллекта в понимание познавательных способностей человека.

Так, рассматривая проблему обработки естественного языка, Нильсон указывает, что его уникальной особенностью является то, что люди «без всяких усилий используют чрезвычайно сложные и пока еще малопонятные процессы»². Построение систем, способных воспринимать естественный язык, представляет собой чрезвычайно сложную задачу, так как «язык возник как средство общения *интеллектуальных* существ»³. По его мнению, язык используется для передачи некоторой порции «умственной структуры» от одного мозга к другому в условиях, в которых каждый мозг располагает «подобными друг другу «умственными структурами», служащими к качеству общего контекста»⁴.

Наличие подобных структур позволяет людям не только понимать друг друга в данном контексте, но и осуществлять и использовать совместные действия и знания для создания и восприятия чрезвычайно сжатых сообщений. Иногда, пишет Нильсон, «мудрому человеку достаточно услышать от мудрого одно слово»⁵. Следовательно, вычислительной машине, воспринимающей сообщения на естественном языке, необходимы не только лексические, синтаксические, грамматические и иные правила построения фраз, но и контекстуальные знания.

¹ Эндрю А.М. Искусственный интеллект. – С. 19.

² Нильсон Д. Принципы искусственного интеллекта. – С. 13.

³ Там же.

⁴ Там же.

⁵ Там же.

В целом, проблема обработки естественного языка ставит такие вопросы, как взаимодействие человека и машины, восприятие речи, «машинная речь», семантический анализ текстов, построение баз данных и работа с ними, оценка достоверности и полноты информации и многие другие. Решение этих проблем находится в центре внимания эпистемологии компьютерных наук, что значительно расширяет представления об особенностях самого естественного языка.

Другое важное направление в искусственном интеллекте, вносящее существенный вклад в понимание познавательных способностей человека, связано с разработкой программ машинного восприятия. В его рамках решается задача восприятия вычислительной системой зрительной и аудиальной информации. В самом начале подобных исследований стало понятно, что недостаточно сконструировать сенсоры, при помощи которых машина может «сканировать» окружающий мир. Для эффективного восприятия сложных входных данных необходимо «понимание», а значит «большая база знаний о воспринимаемых вещах»¹.

Смысл моделирования процесса восприятия, по мнению Нильсона, состоит в создании «сжатого представления, в замене «сырой» входной информации, с которой невозможно работать из-за ее грандиозного объема»². Стало понятно, что восприятие не является пассивным процессом, его характер и качество зависят от целей воспринимающей системы, на основании которой «громадный объем входных сенсорных данных должен быть сведен к приемлемому и осмысленному описанию»³.

Следовательно, основная проблема моделирования заключается в формировании целей и отборе тех параметров восприятия, которые необходимы в данный момент. Для решения этой задачи был предложен метод,

¹ Нильсон Д. Принципы искусственного интеллекта. – С. 18.

² Там же. – С. 18.

³ Там же.

основывающийся на построении гипотез на различных уровнях описания и последующей проверке таких гипотез – так называемый ДСМ-метод.

Для формирования гипотез требуется большой объем знаний о возможных образах внешнего мира, причем это знание должно быть определенным образом упорядочено. М. Минский выдвинул предположение о том, что это знание может быть организовано в виде специальных структур, называемых фреймами, или схемами¹. Центральным моментом его концепции является утверждение о том, что любая машинная модель, отражающая сложность реального мира, должна строиться в виде достаточно большой совокупности определенным образом сформированных данных – фреймов, представляющих собой модели стереотипных, часто повторяющихся ситуаций.

Ситуация понимается в данной теории в обобщенном смысле, т. е. как действие, рассуждение, зрительный образ, повествование и т.д. Фрейм представляет собой не одну конкретную ситуацию, а наиболее характерные, основные моменты ряда близких ситуаций, принадлежащих одному классу. Иначе говоря, в основе теории фреймов лежит представление о том, что «знания о мире складываются по определенным сценариям о фиксированном наборе стереотипных ситуаций и могут быть описаны как результат заполнения рамок, или фреймов»².

С точки зрения Минского, основные структурные элементы, образующие фундамент для развертывания процессов восприятия, хранения информации, мышления и разработки языковых форм общения, «должны быть более крупными

¹ См. Minsky M. A framework for representing knowledge // *Frame conceptions and text understanding*. – В., 1980. – Р. 1 – 25.

² Новые информационные технологии и судьбы рациональности в современной культуре. Материалы «круглого стола» // *Вопросы философии*. – 2003. – №12. – С. 50.

и иметь четкую структуру»¹. Только при таком условии можно объяснить феномен силы и быстрого действия человеческого мышления. В этом Минский видит стремление ученых выйти за рамки бихевиористских и формально-логических исследований и «отказаться от попыток решить проблему представления с помощью разрозненных простых структур данных»².

В ходе разработки теории восприятия образов был поставлен ряд фундаментальных для понимания механизмов высшей нервной деятельности проблем: 1) каким образом различные виды признаков могут столь быстро, как это имеет место в человеческой практике, приводить к идентификации и описанию сложных ситуаций; 2) каковы способы внесения изменений при выявлении ошибок или нахождении новых доказательств; 3) как разрешаются противоречия и может быть изменена информация о местонахождении объекта без перевычисления состояний других, связанных с ним предметов; 4) каким образом воспринимаются и идентифицируются движущиеся предметы, а процессы зрительного восприятия используют знания, связанные с общими, не визуальными видами деятельности; 5) как человек координирует информацию, поступающую от различных источников и органов чувств; 6) каким образом в системе могут использоваться ожидания относительно результатов предполагаемых действий.³

Пытаясь ответить на эти вопросы, Минский приходит к выводу, что ключ к пониманию механизмов восприятия лежит в выделении специфических структур знания, содержащихся в памяти человека. Восприятие сложных предметов, по его мнению, было бы невозможным, если бы структуры восприятия создавались каждый раз заново. Он предполагает, что в долговременной памяти хранится большой набор систем фреймов и наиболее подходящая активируется в

¹ Минский М. Фреймы для представления знаний: Пер. с англ. – М.: Энергия, 1979. – С. 6.

² Минский М. Фреймы для представления знаний. – С. 7.

³ Там же. – С. 14.

конкретной ситуации.

При этом, если выбранный фрейм подходит не в полной мере, то происходит его приспособление к реальной картине и он запоминается для последующих применений. Человек обладает определенным набором таких фреймов для восприятия важных объектов и «основных форм», к которым Минский относит, например, восприятие геометрических фигур. Подтверждение этой идеи он видит в том, что дети и взрослые в художественном творчестве, как правило, пользуются набором весьма ограниченных символьных ингредиентов.

Одной из особенностей восприятия, на которую обратили внимание в искусственном интеллекте, является то, что осознание окружающего мира с помощью органов зрения кажется человеку непрерывным. Объяснение этому Минский видит в том, что «обычно наши ожидания «гладко» взаимодействуют с нашим зрительным восприятием»¹, то есть «непрерывность зависит от подтверждения ожиданий»². Так, например, при восприятии комнаты используется структура, подобная образу «пустой коробки». Если комната незнакомая, то человек стремится выявить наиболее характерные геометрические признаки. Если же комната ему хорошо знакома, то фрейм в достаточной мере заполнен и восприятие требует гораздо меньше времени и умственных усилий.

Разрабатывая теорию фреймов для объяснения восприятия, Минский пришел к выводу, что при помощи активирования и заполнения фреймов человек не только воспринимает объекты внешнего мира, но и усваивает смысл сообщений. Так, в процессе восприятия активируется соответствующий ситуации фрейм, который начинает заполняться при поступлении новой информации. Если поступающие данные не могут быть уложены в его структуру, то первым шагом явится попытка включить их в новый фрейм.

Если такой фрейм отсутствует, то воспринимающий может отказаться от попыток понять ситуацию, либо начать строить всю структуру заново, что, по

¹ Минский М. Фреймы для представления знаний. – С. 22.

² Там же. – С. 23.

утверждению Минского, есть «самая важная интеллектуальная задача»¹. Это объясняет известные факты, когда человек не может воспринимать материал, если разрывы между известным для него и неизвестным слишком велики.

Таким образом, теория фреймов как одна из концепций, разработанных в процессе работы над проблемой восприятия и распознавания образов, стала основой для формирования эпистемических практик. Принцип описания познавательной деятельности человека как оперирования некоторыми когнитивными структурами (например, фреймами) активно используется в интеллектуальной обработке данных и построении персонализированных результатов поисковых запросов, психологии и психолингвистике, семиотике, когнитивной науке, искусственном интеллекте и других областях современного познания.

Вместе с тем разработка направления, связанного с пониманием восприятия образов, показала, что ключевой проблемой в создании искусственных интеллектуальных систем является вопрос о формах представления знаний. Для решения данной проблемы в современном искусственном интеллекте сформировалась отдельная наука – инженерия знаний. Так называют направление исследований, связанных с интерпретацией знания, полученного самыми различными путями и имеющего различные свойства. Основные исследования форм представления знаний в искусственном интеллекте осуществлялись, начиная с 70-х – 80-х гг. XX в.

В широком смысле проблема форм представления знаний связана с постановкой вопроса о том, «как усваивать, хранить, обновлять и обрабатывать большие объемы данных, имеющих развитую внутреннюю структуру»². Важность этого направления и определяющий характер его роли в развитии интеллектуальных технологий неоднократно указывались основоположниками искусственного интеллекта. Так, М. Исидзука утверждает, что «историю

¹ Там же. – С. 49.

² Нильсон Д. Принципы искусственного интеллекта. – С. 5.

исследований по искусственному интеллекту, включая ранние ее этапы, можно назвать историей исследования методов представления знаний»¹. Возможность использования знаний, заложенных в искусственной системе, «стала тем истоком, начиная с которого можно говорить о ее интеллектуальности»².

Крупнейший представитель французской школы искусственного интеллекта Ж.-Л. Лорьер также считает, что «вопрос о представлении конкретных или абстрактных объектов является центральным для искусственного интеллекта»³. По его мнению, дать представление чего-то означает, прежде всего, выделить из общей массы объект, «выявить его важность и практическую ценность»⁴, в конечном итоге – понять. Решение данной проблемы невозможно без разработки проблемы соотношения информации и знания.

В контексте машинного представления знаний под самим знанием понимается селективная, упорядоченная, определенным способом полученная и оформленная информация, имеющая социальное значение и «признаваемая в качестве именно знания определенными социальными субъектами и обществом в целом»⁵.

Присутствие человеческого фактора определяет ряд существенных различий между знанием и информацией. Последняя отражает уменьшение неопределенности в системе, в то время как знание, полученное человеком, как правило, увеличивает степень его свободы, предоставляет «дополнительные

¹ Представление и использование знаний / Под ред. Х. Уэно, М. Исидзука. – С. 57.

² Пospelов Д.А. Предисловие // Кандрашина Е.Ю., Литвинцева Л.В., Пospelов Д.А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах / Под ред. Д.А. Пospelова. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – С. 5.

³ Лорьер Ж.-Л. Системы искусственного интеллекта. – С. 34.

⁴ Там же.

⁵ Новейший философский словарь: 2-е изд., переработ. и дополн. – М.: Интерпрессервис; Книжный дом. 2001. – С. 392.

возможности размышления и деятельности»¹. Знание всегда находится в зависимости от личного опыта носителя, его творческого потенциала, а содержание информации не зависит от выбора физического носителя и является одинаковым для воспринимающих ее субъектов.

Определенный вклад в решение вопроса о соотношении знания и информации вносят компьютерные науки, в которых данная проблема находит свое проявление в выявлении соотношения между данными и знанием. Так, Д.А. Поспелов, анализируя различные уровни сложности организации информации в памяти машины, приходит к выводу о том, что между данными и тем, что можно назвать знанием, существует ряд переходных уровней, характеризующихся различной степенью сложности, первым из которых он считает возможность внутренней интерпретации данных.

На ранних этапах развития программирования каждому элементу данных приписывалось имя и адрес в памяти, причем только программист знал, что где находится, а машина «не имела никакой информации о том, что именно хранится в ее памяти»². В дальнейшем произошел переход от физических адресов к относительным, а задача распределения данных в памяти стала выполняться самой электронно-вычислительной машиной. После создания систем запросов и поиска машина получила возможность отвечать на вопросы относительно информации, хранящейся в ее памяти, что означало достижение нового уровня сложности и обеспечило возможность организации первых баз данных.

Следующему уровню соотношения данных и знания соответствует наличие в машине внутренней структуры связей, которые изначально носили однозначный, жесткий, иерархичный характер. Возникновение сложных структур стало возможным после создания теории фреймов, объединение которых в сеть позволяло конструировать внешнюю структуру связей, что определяло

¹ Там же. – С. 365.

² Поспелов Д.А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах. – С. 9.

следующий, более высокий уровень сложности данных, который позволяет описывать динамические ситуации и устанавливать ассоциативные связи.

В том случае, если объединение данных подразумевает шкалирование, то есть их упорядочивание по некоторым количественным или качественным параметрам, то можно говорить о их более близком соотношении с естественным языком, для которого характерно наличие различных квантификаторов, таких как «много», «мало», «давно», «далеко» и т.д. При этом сложность шкалирования данных заключается в том, что помимо нередкой размытости параметров упорядочивание требует учета свойств субъекта. Поэтому следующий, более высокий уровень подразумевает погружение в пространство с семантической метрикой.

Поспелов связывает это с тем, что «когнитивные структуры человека погружены в некоторое пространство, метрика которого характеризует семантическую близость тех или иных понятий, фактов, явлений»¹. Он утверждает, что, если графически изобразить слова-понятия в пространстве с отдельными координатами (хороший – плохой, красивый – безобразный, тяжелый – легкий), то можно обнаружить области сгущения, или кластеры, которые «образуют совокупности понятий, семантически близких между собой»². Например, в результате тестирования группы людей обнаружено, что в один кластер попадают понятия «отец», «мать», «дети», «сын» и др.

Следовательно, близко группируется информация, относящаяся к некоторой типовой ситуации. Причем в каждом кластере, как правило, можно выделить доминантные понятия, которые используются чаще всего, например, «на требование назвать поэта, как правило, будет следовать ответ «Пушкин»³. Это, по мнению Поспелова, говорит о том, что «у нас «на языке» готовые ответы на

¹ Поспелов Д.А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах. – С. 23.

² Там же. – С. 24.

³ Там же. – С. 25.

возможные запросы к нашей памяти всегда те, которые соответствуют наиболее часто встречающемуся верному ответу»¹. Подобный механизм позволит выдавать верный отклик при дефиците времени на обдумывание.

Конечный этап перехода от данных к знаниям связан, по утверждению Поспелова, с наличием способности активирования знаний. На первых этапах развития вычислительных машин информация, хранящаяся в них, подразделялась на процедурную, сосредоточенную в программном обеспечении, и декларативную, находящуюся в памяти. Если первая отвечала на вопрос «как надо делать», то вторая – «над чем надо работать», при этом процедурные данные формулировали обращение к декларативным.

Вместе с тем, как отмечает Поспелов, в когнитивной системе человека «не процедурные знания активируют декларативные, а наоборот – та или иная структура декларативных знаний оказывается активатором для процедурных знаний»². Декларативное знание может осуществлять вызов некоторых процедур и посредством их оказывать влияние на другие знания или окружающую среду. Перечисленные особенности и отличают данные от знания.

Изложенный подход не исчерпывает всей сложности моделирования соотношения знания и информации, однако вносит существенный вклад в практическое решение проблемы представления знаний в искусственных системах. Дальнейшая разработка проблем эпистемологии моделирования, связанная с определением методов и форм представления знаний в искусственном интеллекте, отталкивается от имеющихся их классификаций.

Так, Ж.-Л. Лорьер выделяет такие формы, как конечный автомат, программу, скрипт (схему), семантическую сеть, фрейм, графы и сети, формальную спецификацию, исчисление предикатов, продукционные правила и предложения на естественном языке. Причем для указанных форм представления

¹ Там же. – С. 25.

² Поспелов Д.А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах. – С. 26.

знаний в порядке перечисления, по его мнению, характерно убывание структурированности, упорядоченности и возрастание декларативности, неупорядоченности, наиболее характерное для организации знаний при помощи высказываний на естественном языке.

В основе представления знаний в виде фреймов лежит гипотеза о том, что знания о мире складываются по определенным сценариям о фиксированном наборе стереотипных ситуаций и могут рассматриваться как результат заполнения рамок, или фреймов. Фрейм представляет собой ситуационно-смысловую структуру представления знаний, включающую как явные, так и неявные компоненты. Он содержит избыточную информацию, которая может отсутствовать в данной ситуации. Это позволяет во многих случаях восстанавливать картину реальности по ее фрагментам. Если выбранный фрейм не удастся согласовать с реальностью, то происходит обращение к специальной сети поиска информации, с помощью которой соединяются между собой системы фреймов.

Теория представления знаний с помощью фреймов претендует на объяснение ряда особенностей человеческого мышления. Так, формы знаний усваиваются человеком, подобно фреймам, неосознанно в процессе восприятия часто повторяющихся явлений. Подобный фрейм имеет конвенциональную природу, так как содержит в себе набор стереотипных, общепринятых характеристик. В процессе восприятия часть их них активизирует соответствующий фрейм, а остальные свойства объекта восстанавливаются «по умолчанию».

Представление знаний в искусственном интеллекте также осуществляется в виде семантических сетей, в которых отображаются не только знания относительно конкретных ситуаций, но и различные виды связей между ними. В данной модели, основанной на теории графов, знания представляются в виде сети, которая состоит из узлов, содержащих информацию об объектах, и дуг, показывающих отношения между ними. В подобных формах представления знаний осуществляются попытки моделирования смысловых связей в

познавательной деятельности человека. На современном этапе построение графовых моделей широко используется как эпистемическая практика в сетевых социальных технологиях, где данные о пользователях изначально конструируются в социальные графы, включающие личные данные, социальные связи, историю поисковых запросов, предпочтения и другую автоматически собираемую информацию.

Кроме того, формы представления знаний существуют в виде некоторых правил, моделей поведения в различных ситуациях, которые моделируются в виде продукций, представляющих собой набор знаний, активирование которых переводит машину в новое состояние. Продукции выступают управляющим компонентом знания, поскольку содержат стратегию поведения системы в конкретной ситуации. В некоторых случаях знание может быть организовано в виде более крупных структур – сценариев, регламентирующих временную последовательность действий, что моделируется в таких формах представления знаний в искусственном интеллекте, как скрипты.

Анализируя степень востребованности форм представления знаний на современном этапе с учетом информатизации общества, развития робототехники, возникновения глобальных баз данных, а также Интернета, можно утверждать, что наибольшее распространение получили те из них, в которых наиболее адекватно моделируются познавательные особенности человека. Так, представление знаний с помощью фреймов широко используется при создании современных роботов и является одним из наиболее популярных в организации информационного пространства сети Интернет. Семантические сети, имеющие много общего с фреймами и моделирующие ассоциативность восприятия и мышления, также повсеместно применяются в искусственных системах, в то время как исчисление предикатов используется не столь широко и, как правило, комбинируется с другими формами представления знаний.

Пик развития классического искусственного интеллекта, основанного на принципах работы последовательных вычислительных машин пришелся на 60-80-е гг., став к концу XX в., по сути, методологией разработки новых

информационных технологий. Его «слабая» версия, реализующая задачу разработки устройств, способных выполнять за человека ряд интеллектуальных операций, лежит в основе когнитивной и информационной революции конца века. «Сильная» версия как концепция создания мыслящих машин оказалась крайне продуктивной для философии, не только поставив интересные проблемы, но и позволив взглянуть на традиционные философские вопросы, например проблему сознания, по-новому.

В настоящее время зарождается третье направление в искусственном интеллекте, в основе которого лежит задача создания способной к автономному существованию и самоуправлению среды, получившее название «Ambient Intelligence». Этот термин можно было бы перевести как «разумное окружение», если бы авторы не подчеркивали самостоятельность и интеллектуальность среды. Учитывая это, наиболее приближенным к исходному смыслу будет словосочетание «разумное окружение».

Спецификой эпистемических практик в области информационных технологий, составляющих ядро современной промышленной революции, является использование методов машинной обработки данных для превращения сигналов, традиционно рассматривавшихся как фоновый шум, в значимую информацию, которую затем могут использовать как машина, так и человек. Парадигма четвертой промышленной революции подразумевает новый подход к классификации и управлению информационными потоками, в рамках которого «здания, автомобили, потребительские товары, и люди становятся информационными пространствами»¹. Одна из основных идей концепции разумного окружения состоит в превращении в информацию тех данных, которые человек обычно воспринимает как фоновый шум или не воспринимает вовсе. Колебания температуры, влажности, звуковые шумы, ветер, электромагнитные поля и многие другие процессы человек в большинстве случаев не может

¹ Kranenburg R. van. The Internet of Things. A critique of ambient technology and the all-seeing network of RFID. – Amsterdam, 2008. – p. 13.

отследить и проанализировать. Умная среда, представленная разумным окружением, сможет использовать их для решения различных задач, от поддержания заданных условий в помещении до прогнозирования климатических изменений. Отличие от устройств, с которым привык иметь дело современный человек, состоит в том, что компьютерные технологии уходят в тень, становятся незаметными, растворяются в среде. Они не будут требовать от человека постоянного контроля и управления. Это, в свою очередь, ставит ряд проблем, прежде всего связанных с надежностью технологий, безопасностью и готовностью человека с ними взаимодействовать.

С момента своего возникновения идея искусственного интеллекта развивалась параллельно с ее художественным осмыслением, лейтмотивом которого был страх бунта машин, восстания разумных устройств против своего создателя. История показала, что за подобным алармизмом выходят из поля зрения более существенные трудности, требующие тщательного изучения. Основной опасностью концепции разумного окружения изначально считается создание среды тотального контроля над человеком, осуществляемого его же собственными телефонами, планшетами, кондиционерами и даже утюгами.

Для успешной реализации программы разумного окружения необходимо, помимо технического и программного обеспечения, выполнение двух условий, а именно разработки надежных технологий защиты персональной информации и готовности человека к существованию в умной среде. Введение смартфонов, планшетов и разработка приложений для них показали, что многие уже сейчас готовы жить в открытой среде. Интернет 90-х был средой анонимности, сохранение которой считалось главной задачей. Сейчас, когда стало понятно, что любое действие в сети, будь то размещение фотографии или отправленное сообщение, сохраняется навсегда, наилучшим способом поведения становится разумная открытость, существование от своего имени, правдивость и ответственное отношение к размещаемому контенту.

Р. ван Краненбург описывает две утопии, показывающие варианты сосуществования человека и разумного окружения. Первый он называет «городом

контроля», описанным еще Дж. Оруэллом и Ф. Замятиным. Альтернативой ему может стать «город доверия» («CityofTrust»). Различие между ними состоит не в наличии или отсутствии множества устройств наблюдения, а в доступе к ним. Город контроля предполагает, что право использовать данные с видеокамер и других устройств принадлежит полиции, спецслужбам, государству, которые объясняют ограничение доступа простых жителей обеспечением их безопасности, но в реальности создают мир тотального контроля. Второй подход состоит в обеспечении возможности всех жителей пользоваться данными, чтобы, например, автомобиль мог запрашивать информацию с видеокамер для прокладывания маршрута в объезд пробок, детская коляска могла перед поворотом сканировать, насколько безопасно за углом и т.д., то есть этот город «построен больше на доверии, чем на контроле»¹.

Этот пример отсылает к давно поставленной в философии техники проблеме выбора парадигмы использования изобретений. К. Ясперс определял смысл техники в «единстве преобразования среды для целей человеческого существования»². Он подчеркивал, что техника представляет собой только средство, иногда ошибочно рассматривающееся как самоцель. Однако степень ее влияния такова, что человек подпадает под ее власть, а сама она становится «ни от кого не зависимой, все за собой увлекающей силой»³.

Образом современности становится кювез, аппарат для создания среды жизнеобеспечения новорожденного ребенка, он «символизирует онтологическое

¹ Kranenburg R. van. The Internet of Things. A critique of ambient technology and the all-seeing network of RFID. – Р. 3.

² Ясперс К. Современная техника // Новая технократическая волна на Западе / Под ред. В.М. Леонтьева. – М.: Прогресс, 1986. – С. 123.

³ Там же. – С. 145.

единство человека с техносредой»¹. Человек уже давно практически не способен жить в мире природы, не адаптированном технологиями для обеспечения его потребностей. Особенность нашего времени состоит в том, что техносфера становится своеобразной новой экосистемой со своими процессами саморегуляции, законами эволюции, «нервной системой» в виде глобальных сетей. Проблемы технизации жизненного мира человека, которые в XX в. вызывали опасения, сейчас становится реальностью, но перед философией стоят уже другие задачи. Выявление трудностей, раскрытие негативных влияний техники на человека и общество становится недостаточным, необходима гуманитарная экспертиза технико-технологических изменений, прогнозирование возможных вариантов развития и, главное, выработка парадигмы и стратегии научно-технического, социального и ценностного развития.

¹ Алексеева И.Ю., Аршинов В.И., Чеклецов В.В. «Технолюди» против «постлюдей»: НБИКС-революция и будущее человека // Вопросы философии. – 2013. – С. 12–21.

3.5. Нейрокомпьютинг, моделирование мозга и нейрокомпьютерные интерфейсы

Моделирование познавательных способностей на основе воспроизведения физиологических основ интеллекта человека осуществляется в рамках решения проблемы создания нейрокомпьютеров, в которых моделирование выступает как метод познания, направленный на исследование особенностей строения нервной системы человека, принципов взаимодействия ее элементов и их организации. Особенно важным представляется такой эпистемологический подход для понимания процессов обучения, а также невербальной и интуитивной составляющей высшей нервной деятельности.

Возникновение этого направления в рамках кибернетики было связано с созданием электронно-вычислительных машин еще в 40-е гг. XX века. Н. Винер определил кибернетику как науку, изучающую «процессы управления и связи в машинах, живых организмах и обществах»¹. Ее основополагающим понятием является категория информации, так как информационные процессы протекают во всех рассматриваемых кибернетикой системах и обеспечивают возможность управления и связи между ними. Этот принцип позволил выявить общие закономерности в познавательной деятельности человека и машинных операциях, заключающиеся в информационном характере процессов, происходящих в них. На основании этого моделирование интеллекта человека в искусственных системах стало рассматриваться возможным. В кибернетике была показана необходимость разработки методов анализа сложных систем для моделирования познавательных процессов, так как обучение, целенаправленное поведение возможны лишь при достижении системой определенного уровня сложности. Действительно, все «существенные и активные явления жизни и обучения

¹ Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в живом и машине / Пер. с англ. И.В. Соловьева и Г.Н. Поварова; Под ред. Г.Н. Поварова. – М.: «Наука», 1983. – С. 17.

начинаются лишь после того, как организм достигнет некоторой критической ступени сложности»¹.

Сформулированные Винером понятия и принципы кибернетики сделали возможным исследование процессов машинного обучения, что послужило началом для разработки искусственного интеллекта, который долгое время существовал как часть кибернетических исследований. Тезис об универсальной информационной природе процессов управления позволил применить методы кибернетики к различным типам систем, как техническим, так и живым, что позволило кибернетике стать междисциплинарным направлением, внесшим существенный вклад в рассмотрение информационных процессов.

После разработки основ кибернетики была поставлена задача создания «новой, общей для мозга и машин теории работы систем, перерабатывающих информацию»². С развитием эвристического программирования стала ясной «принципиальная возможность моделирования работы мозга при решении широкого круга информационных задач, составляющих существо «творческой деятельности» мозга»³. Это поставило проблему выявления механизмов протекания информационных процессов в нервной системе человека.

Исследование информационных процессов, характерных для человека, привело к созданию нового направления, объединившего кибернетику, нейрофизиологию и медицину, названного нейрокибернетикой. В центре внимания этой науки находятся «процессы управления и переработки информации, которые осуществляются нервной системой в живых организмах»⁴.

¹ Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в живом и машине. – С. 314.

² Рейтман У.Р. Познание и мышление. Моделирование на уровне информационных процессов / Пер. с англ.; Под ред. А.В. Напалкова. – М.: Мир, 1968. – С. 6.

³ Там же.

⁴ Брайнес С.Н., Напалков А.В., Свечинский В.Б. Нейрокибернетика. – М.: Госуд. изд-во медицинской лит-ры, 1962. – С. 6.

В результате изучения данной проблемы возникло несколько подходов к описанию структуры информационных процессов.

В нейрокибернетике была поставлена проблема изучения самоорганизующихся систем, способных самостоятельно планировать свою деятельность. Такой системе должны быть изначально даны только основные цели, главным условием должна быть способность «в процессе своей работы находить наилучший способ решения поставленных перед ней задач»¹. При этом поведение системы должно соответствовать особенностям внешней среды, поэтому одной из важнейших проблем является отбор достоверной и непротиворечивой информации, поступающей извне, что, с точки зрения нейрокибернетики, невозможно без изучения принципов работы головного мозга.

В рамках нейрокибернетики осуществляются попытки создания технических устройств, способных имитировать интеллектуальную деятельность, используя аналоги нервных клеток и их соединений. Это стало возможным после разработки в конце 50-х гг. XX в. В. Мак-Каллоком и В. Питсом модельного нейрона, который представляет собой пороговый элемент, имеющий несколько выводов, или синапсов. Одни выводы оказывают на нейрон возбуждающее действие, а другие – тормозящее, но оба вида могут находиться только в двух состояниях, то есть быть или активными, или неактивными. Если число активных возбуждающих сигналов достигает порогового значения, то нейрон производит выходной импульс. При этом выводы нейрона могут быть входами для другого нейрона, что позволяет объединять их в сети аналогично тому, как это происходит в нервной системе живых организмов и человека². На основе модельных нейронов уже в 50-е гг. XX в. была разработана первая модель нейрональной структуры – персептрон. Несмотря на принципиальные трудности, связанные с работой однослойного персептрона, который не позволял

¹ Брайнес С.Н., Напалков А.В., Свечинский В.Б. Нейрокибернетика. – С. 36.

² McCulloch W.S., Pitts W. A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity // Bull. Mathematical Biophysics, 1943. – V. 5.

реализовывать функцию логического «или», развитие области продолжилось вместе с распространением идей коннекционизма.

Многослойные персептроны позволили говорить о возможности реализации принципов параллельной обработки информации, что было недостижимо для вычислительных машин XX в. Такой подход потребовал нового понимания природы ментальных репрезентаций. Если в классическом подходе они рассматривались как символьные структуры, подобные структурам языка, то в коннекционизме они понимаются как «активация некоторого паттерна, который распределен в нейронных сетях (как в пространстве, так и во времени) и не может быть понят по аналогии с языком»¹. Принцип параллельности и распределенности переработки информации в мозге ставит новые проблемы в понимании интеллекта человека. Возникает вопрос, каким образом обеспечивается «существование связности и последовательности в познании (особенно в мышлении) и единства сознания?»².

Таким образом, коннекционистский подход вносит вклад в понимание процессов высшей нервной деятельности. Его идеи, подкрепленные данными нейрофизиологии, актуальны и активно обсуждаются в настоящее время. Параллельность обработки информации является на настоящий момент одной из основных задач в разработке нейросетей и при создании традиционных компьютеров.

На современном этапе подход, предложенный нейрокибернетикой, реализуется в разработке нейрокомпьютерных и нейросетевых технологий и чаще всего называется нейрокомпьютингом. Необходимо отметить, что термины «нейрокибернетика» и «нейрокомпьютинг» обозначают не столько различные

¹ Хакен Г., Хакен-Крелль М. Тайны восприятия. – М.: Институт компьютерных исследований. – С. 222.

² Лекторский В.А. Философия, искусственный интеллект и когнитивная наука // Искусственный интеллект: междисциплинарный подход / Под ред. Д.И. Дубровского и В.А. Лекторского. – М.: ИИнтелЛ, 2006. – С.18–19.

направления, сколько этапы исследований. Понятие «нейрокомпьютинг» наиболее часто используется для обозначения направления современного этапа развития науки, связанного с разработкой сложных нейронных сетей, или нейрокомпьютеров.

Нейрокомпьютер, как и человеческий мозг, состоит из множества соединенных между собой элементарных ячеек – модельных нейронов, принцип действия которых во многом аналогичен принципу действия биологических нейронов, из которых состоит мозг. Как и в мозге, нейроны нейрокомпьютера соединены между собой множеством проводов, через которые происходит обмен электрическими сигналами. Как и биологические нейроны, нейроны нейрокомпьютера могут переходить в возбужденное состояние, вырабатывая и посылая электрические сигналы другим нейронам, причем переход в возбужденное состояние каждого нейрона тем вероятнее, чем большее количество сигналов он получил от других нейронов.

Согласно современным нейрофизиологическим представлениям вся информация, хранящаяся в мозге, закодирована в виде матрицы сил синаптических связей – множества величин электропроводности проводников, соединяющих биологические нейроны. Эти величины по мере жизнедеятельности мозга постоянно меняются, чем обеспечивается накопление и корректировка хранящейся в мозге информации. Этот механизм в нейрокомпьютере имитируется путем соответствующего изменения синаптических весовых коэффициентов, выполняющих роль электропроводности соединяющих нейроны проводников. Таким образом, как и в мозге, вся информация в нейрокомпьютере представляется и хранится в виде матрицы сил синаптических связей нейронов.

В отличие от обычного компьютера нейрокомпьютер не программируется, а, подобно человеку обучается. При этом происходит корректировка сил синаптических связей. Обучение проводится на обучающих примерах, содержащих информацию о моделируемой предметной области. Так, обладая достаточным количеством фактов, нейрокомпьютеры способны самостоятельно формулировать законы математики, физики, экономики и других наук.

В связи с этим нейрокомпьютеры являются универсальным и весьма эффективным инструментом для построения компьютерных математических моделей самых разнообразных физических, технических, химических, экономических, социальных и другого рода объектов, процессов, явлений.

Наибольшее применение на современном этапе нейронные сети находят при решении задач, связанных с необходимостью одновременного учета многих параметров, что представляет серьезную проблему для обычных компьютеров. Так, при диагностике неисправностей сложных технических устройств, таких как самолеты или космическая техника, нейронные сети способны учитывать параметры, недоступные другим методам тестирования. Широкое применение они находят в банковском деле и при прогнозировании валютных курсов и котировок ценных бумаг, в медицине, диагностике компьютерных сетей и других областях, несмотря на сложность и высокую стоимость их конструирования.

Сложность исполнения и дороговизна микросхем с искусственными нейронами во многом определила отставание нейрокомпьютинга от развития другой вычислительной техники. Для их запуска в массовое производство и тем более для создания сложных процессоров с большим количеством нейронов и синапсов необходимо было решить как технические затруднения, такие как высокая энергоемкость подобных устройств, так и методологические проблемы, связанные с тем, как сконструировать устройство, моделирующее работу естественных нейронов, обладающих огромным количеством входов и выходов. До недавнего времени нейрокомпьютеры создавались преимущественно в исследовательских организациях или под заказ. Крупнейшие корпорации в области информационных технологий начали активно развивать данное направление только в последние годы. Так, в 2008 г. компания IBM запустила проект «SyNAPSE» по разработке нейротехнологий и уже в представила в 2011 г. микросхему-нейропроцессор с 256 нейронами и 262144 синапсами. Это направление было признано перспективным и получило финансовую и организационную поддержку, в результате чего уже в 2014 г. компания сообщила о технологическом прорыве в области «мыслящих чипов», а именно о создании

процессора с 1 млн. искусственных нейронов и с 256 млн. синапсов. Заявлено, что устройство потребляет энергии на четыре порядка меньше аналогичных по количеству транзисторов (более 5 млрд.) микросхем, что определяет возможное внедрение подобных технологий в массовое производство в ближайшем будущем¹.

Нейрокибернетический подход не претендует на исчерпывающее описание проблемы понимания мышления. Основной его задачей является описание физико-химических механизмов, лежащих в основе высшей нервной деятельности и построение их математических моделей, однако несомненна их роль в современном нейрофизиологическом понимании мышления. Вместе с тем, активные нейронные сети являются не более чем «рабочими моделями механизмов мозга»². Причина этого состоит в том, что при решении задач восприятия и мышления мозг строит модель проблемной среды, которая всегда субъективна, так как «строится с позиций субъекта»³, что сегодня не может быть реализовано в полной мере в технических устройствах.

Среди всего многообразия проектов, подходов и направлений отметим те, которые рассматриваются как первостепенные в NBIC-проектах.

Постановка задачи моделирования мозга и тесно связанная с ней проблема построения адекватной модели его архитектуры и понимания общих закономерностей его организации и работы происходит в 60-е гг. XX в. в рамках когнитивных исследований и искусственного интеллекта. В самой нейрофизиологии в то время существовала, как отмечает Ф. Джордж, неявная установка, что целое не привносит ничего нового по отношению к своим частям, а вопросы архитектуры и организации находились за пределами основных

¹ Modha D.S. Introducing a Brain-inspired Computer [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.research.ibm.com/articles/brain-chip.shtml> (дата обращения: 11.08.2014).

² Там же. – С. 201.

³ Там же. – С. 200.

нейрофизиологических исследований. Ситуация поменялась, когда в 1977 г. Маункастл и Д. Эдельман организовали конференцию «Программа интенсивных исследований», на которой были обозначены основные принципы исследований структуры и архитектуры коры головного мозга и умственных процессов, происходящих в нем. Здесь же были сделаны основополагающие для дальнейшего моделирования мозга доклады о кортикальной организации и селекции нейронных групп в теории высших функций головного мозга¹. Все дальнейшие проекты по моделированию мозга основывались на теории модельного строения коры головного мозга, предложенной Маункастлом. Основной функциональной единицей коры головного мозга, отвечающей в том числе за сознание и мышление, при таком подходе является не отдельный нейрон, а нейроколонка, т.е. вертикально организованная структура, содержащая нейроны, соединенные множеством связей по вертикальной оси и малым количеством связей – по горизонтальной. Первичные структуры, называемые миниколонками, организованы в крупные модули, или макроколонки. Макроколонки организованы в области, многие из которых часто классифицируются как доли мозга. Свойство модульности новой коры крайне упрощает задачу моделирования работы мозга.

2000-е годы стали временем возрождения нейрокомпьютинга, в который еще в конце XX в. мало кто верил. Мозг – самое сложное образование Вселенной – рассматривается в современной науке как наиболее важный и трудный для исследования объект. Понимание организации, принципов функционирования мозга и их моделирование представляет собой именно ту проблему, для решения которой необходима конвергенция всех ключевых технологий.

Одним из первых направлений в этой области стал BlueBrain – совместный проект IBM и Швейцарского Федерального Технического Института, запущенный

¹ Mountcastle V.B. Perceptual Neuroscience. The Cerebral Cortex. MA: Harvard University Press, 1998. Edelman G. Neural Darwinism: The Theory of Neuronal Group Selection. – New York: Basic Books, 1987.

в 2005 г. Его цель была обозначена как создание искусственного мозга на основе компьютерной модели человеческого мозга на молекулярном уровне. В рамках проекта при помощи суперкомпьютера Blue Gene была создана модель нейронной колонки неокортекса крысы, содержащая примерно 10000 нейронов, при этом для моделирования одного нейрона использовалась вычислительная мощность одного процессора суперкомпьютера.

В 2013 г. в США стартовал поддержанный на государственном уровне амбициозный проект, основанный на принципах NBIC-конвергенции BRAIN Initiative (Brain Activity Map Project), в рамках которого, в частности, планируется использование нанотехнологий. Поставленная Президентом США цель проекта состоит в «ускорении разработки и применения новых технологий, которые позволят исследователям создавать динамические карты мозга, показывающие, как отдельные клетки мозга и сложные нейронные цепи взаимодействуют со скоростью мысли»¹. Примечательно название исследовательской части проекта, сформулированное как «Исследование мозга через продвижение инновационных нейротехнологий», акцентирующее внимание на развитии технологий, которые, однако, рассматриваются не как самоцель, а как инструменты для получения фундаментальных знаний о том, как функционирует нервная система, в т.ч. в случаях различных патологий. Методологически исследование предполагает интеграцию теории, моделирования, статистики, вычислений и эксперимента.

Как отмечает К.В. Анохин, есть две ключевые проблемы науки, прорыв в которых можно ожидать в ближайшие 20 лет, а именно строение Вселенной и описание биологических основ сознания. Нейронауки переживают сейчас стадию быстрого роста, однако несмотря на огромный накопленный эмпирический материал, до сих пор нет удовлетворительной теории мозга

¹ Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies (BRAIN). Working Group Interim report. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.nih.gov/science/brain/09162013-Interim%20Report_Final%20Composite.pdf (дата обращения: 12.08.2014). – Р. 4.

и нервных основ сознания. К. Анохин сформулировал два фундаментальных принципа организации когнитивных сетей мозга: любой мозг может быть описан в виде глобальной нейронной сети, и кодирование когнитивной информации в ней осуществляется распределенным, реляционным кодом¹. Трудность решения проблемы выявления механизмов сознания связана с огромной сложностью такой сети и большим количеством степеней свободы в ней, что делает практически невозможным ее описание математическими методами. Следовательно, необходимо найти способ упростить модель без потери качественных свойств. Такая редукция осуществляется самим мозгом посредством памяти, в которой остается не вся воспринятая информация, а лишь та, которая была отобрана по каким-либо характеристикам. Нейронную сеть, соответствующую одному содержащемуся в памяти «произведению» мозга, можно считать его когнитивным элементом, который Анохин называет когом. В совокупности они образуют систему опыта конкретного организма – его когнитом. Необходимо понимать, что когнитом не есть результат простого сложения отдельных когнитивных элементов, он представляет собой постоянно меняющуюся многоуровневую систему. Базовый уровень связан с нейронной организацией, над ним надстроен уровень информационных связей между узлами-когами. Этим объясняется ассоциативный характер памяти, поскольку обращение к одному когу может активировать работу множества связанных с ним когнитивных элементов, выражающих разнообразный полученный человеком опыт.

Одной из наиболее ожидаемых технологий еще с конца 1980-х гг. стали прямые интерфейсы между нервной системой и искусственными устройствами, с помощью которых, в частности, можно было бы управлять работой машин непосредственно «силой мысли». Развитие данной технологии определяется общей тенденцией к проектированию киберфизических систем, интегрирующих природные объекты, искусственные системы и программное обеспечение в

¹ Анохин К.В. Коды вавилонской библиотеки мозга // В мире науки. – 2013. – № 5. – С. 83–89.

единые комплексы, способные к автономному существованию и адаптации к изменяющимся условиям. Наиболее наглядное применение первых интерфейсов «мозг-машина» связано с расширением возможностей людей, ограниченных в движении, полностью или частично парализованных. Виртуальные клавиатуры, управление манипуляторами, протезами стали рассматриваться как инструменты реабилитационной медицины.

На уровне идеи первые нейрокомпьютерные интерфейсы, основывающиеся на использовании данных электроэнцефалограмм, появились еще в 20-е гг прошлого столетия, однако быстро стало понятно, что использование этой технологии не позволяет дифференцировать сигналы мозговой активности и выделять среди их множества необходимые паттерны активности. Прорыв в этой области связан с созданием инвазивных датчиков, имплантируемых непосредственно в мозг. Выяснилось, что после вживления гибкие микроэлектроды способны улавливать очень слабые электрические разряды (потенциалы действия), порожденные сотнями отдельных нейронов, находящихся в лобной и теменной частях коры головного мозга животных. Именно в этих отделах мозга расположены многочисленные зоны, отвечающие за произвольные движения¹.

Первые успехи были достигнуты в области управления виртуальными объектами – набора текста с виртуальной клавиатуры, управления движением изображений и т.д. В 2011 г. в Центре нейроинженерии при Университете Дьюка, группа ученых под руководством М. Николелиса смогла обучить обезьяну управлять движениями виртуального объекта на экране монитора с помощью мыслей. По утверждению автора эксперимента, «обезьяны смогли не только дотрагиваться ею до виртуальных предметов, но и при помощи обратной – «виртуальной тактильной» – связи распознавать их на ощупь. С помощью компьютерных технологий подопытные животные научились осязать виртуальные объекты, касаться их виртуальными пальцами, которые двигались под воздействием мысли этих приматов»².

¹ Николелис М. Силой мысли // В мире науки. – 2012. – № 11. – С. 47.

² Там же. – С. 47.

Более сложной является задача управления физическими объектами, в частности протезами и компонентами экзоскелета. Для ее решения необходимо вживление электродов непосредственно в мозг для распознавания сигналов, которые для управления движением генерируются в разных участках коры головного мозга. Для этого разрабатываются технологии одновременной имплантации множества сенсоров и специальные нейрочипы, способные обрабатывать получаемую информацию. Разработка такой технологии способна кардинально улучшить качество жизни многих людей, не только давая им возможность движения, но и позволяя, по утверждению Николелиса, ощущать детали экзоскелета как части своего тела.

Нейрокомпьютерные интерфейсы могут стать основой для технологии передачи данных от мозга к мозгу, минуя традиционные способы обмена информацией. В эксперименте М. Николелиса была успешно продемонстрирована возможность работы интерфейса мозг-мозг, когда сигналы, генерируемые нервной системой лабораторной мыши в США, передавались через Интернет другой мыши, находящейся в Бразилии, и посредством нейрокортикальной стимуляции управляли ее поведением.

Технологии дополненной реальности, нейроимпланты и нейропротезирование вновь вывели на первый план проблему понимания природы человека и трансгуманистических преобразований, которые потенциально могут затронуть не только тело, но и сознание, восприятие, интеллект. Традиционное человеческое стремление к преодолению своих биологических, когнитивных, мировоззренческих границ выходит здесь на новый уровень. Создавая определенную угрозу для традиционного уклада, жизненного мира и ценностей человека, современные когнитивные технологии, тем не менее, отвечают нашей базовой потребности – познавать и создавать, развиваться и становиться другим.

Глава 4. Социальные технологии: от NBIC- к NBICS-конвергенции

4.1. Социальные технологии нового поколения как эпистемические практики

Вторая половина XX в. стала эпохой становления междисциплинарных исследований в современной науке, когда содержательное и методологическое взаимодействие между частными дисциплинами и естественными и социально-гуманитарными науками в целом стало предметом критического анализа и пересмотра. Обращение естественных и технических наук к изучению человека как одного из главных объектов исследования, заявленное в том числе и в программах развития конвергентных технологий, привело к необходимости исследования проблем, выходящих за пределы их традиционной предметной области.

В рамках технонаучной парадигмы инженерная деятельность понимается уже не просто как создание искусственных устройств или технологических объектов, но и как социотехническая практика, включающая социальное проектирование как часть технической деятельности. При таком подходе практически любой современный крупный технологический проект необходимо подразумевает формирование «целостных контекстов, включающих в себя также их те или иные решения, институциональные структуры, сети социальных связей и т.д.»¹. Меняется круг задач инженерной деятельности, в который на современном этапе входит учет психологических, управленческих, экономических, экологических, ценностных, социокультурных и других аспектов.

Программы конвергентных технологий как в Европе, так и в США ставят основной целью улучшение качества жизни человека, но в них по-разному раскрывается как само это понятие, так и пути достижения заявленной цели. Трансгуманистическая направленность американского проекта опирается на внутринаучные тенденции, приведшие к началу XXI в. фундаментальные и

¹Андреев А.Л. Технонаука. – С. 208.

прикладные проекты к возрождению идеи «человек есть мера всех вещей». Здесь человек становится точкой конвергенции, задающей цель развития всех направлений, сформулированную как расширение его возможностей и «улучшение» его самого. Одной из особенностей этого процесса, который рассматривается как отражающий реальные происходящие в науке изменения, является вторжение естественных наук в святая святых социально-гуманитарных и философских концепций. Затрагиваются проблемы природы человека, ценностей, смысла жизни, социальной структуры и т.д., что формирует необходимость проведения гуманитарных исследований как социально-гуманитарной экспертизы технологических решений, инноваций, проектов. Социальная наука при этом остается внешней по отношению к инженерной деятельности, хотя и рассматривается в контексте сотрудничества, но выступает в первую очередь как экспертная система.

В европейской программе, ключевой автор которой, А. Нордманн, сам является профессиональным философом, а в составе экспертной группы изначально были представители социально-гуманитарного направления, социальная наука рассматривается как неотъемлемая часть проектирования, а социальные исследования – как фактор технологического прогресса. Приводятся примеры того, как такие направления стимулировали развитие технологий, в частности результаты исследования структуры процесса восприятия и специфики распознавания паттернов мозгом были успешно применены при решении проблем машинного обучения и распознавания образов; семиотика и лингвистика определили развитие технологий вероятностных рассуждений и статистического вывода; социологические теории принятия инноваций были использованы практически всеми крупными технологическими корпорациями при выработке стратегии внедрения новых устройств и приложений. Экономические и юридические исследования необходимы для системы стимулов поддержки и распространения технологий. Ключевая идея здесь состоит в том, что технологии,

созданные без учета специфики общества и человека, «будут запущены неправильно и впоследствии будут отвергнуты обществом»¹.

Включение социальной науки как полноправного участника конвергентного развития ведущих технологий отражено в термине NBICS-конвергенция, широко используемом в последнее время вместо NBIC-конвергенции. В данной работе используются авторские именования, данные авторами анализируемых программ. В остальных случаях NBICS используется как указание на направление, в котором социальные исследования рассматриваются не как оценка технологий, а как часть процесса проектирования.

Одной из наиболее заметных тенденций в переосмыслении концептуальных оснований конвергентных технологий стало введение в их состав социальных технологий, с которыми связываются важнейшие изменения в понимании как сути самих технологических знаний, так их преобразующего общество потенциала. В рамках данного исследования мы сосредоточимся на описании эпистемологических аспектов и выявлении эпистемических практик, проявивших себя в социальных технологиях нового поколения.

Термин «социальная технология» появился в XIX в. и был впервые использован А. Смолем и Ч. Ричмендом (университет Чикаго) для обозначения методов усовершенствования общества². Философское осмысление социальных технологий началось сравнительно недавно. Мы не находим соответствующей словарной статьи в основных философских энциклопедиях и справочниках. В социологии данный термин определяется как «система методов выявления и использования скрытых потенциалов социальной системы в соответствии с

¹ Nordmann A. Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies. – P. 16.

² Smal A. W. Seminar Notes: The Methodology of the Social Problem. Division I. The Sources and Uses of Material // The American Journal of Sociology. – 1898. – № 4(1). – P. 113–144.

целями ее развития, совокупность операций и процедур социального воздействия на объект на пути получения оптимального социального результата»¹.

Начиная со второй половины XX в. в социологии определяются основные направления разработки и внедрения социальных технологий, среди которых центральное место занимают социальное планирование, разработка комплексных программ развития городов, регионов и отраслей, социальное проектирование решения стандартных социальных проблем, управленческое консультирование. Само понятие «социальная технология» вошло в употребление в управленческих науках лишь в 70-80-е годы XX столетия. Теория социальных технологий связана с работами таких известных отечественных социологов, как И.В. Бестужев-Лада, А.Г. Здравомыслов, А.А. Зворыкин, В.Г. Подмарков, Ж.Т. Тощенко, В.А. Ядов и др.².

Одно из первых определений социальной технологии принадлежит советскому философу В.Г. Афанасьеву, который определил ее как перевод абстрактного языка науки, отражающего объективные закономерности развития общества, на конкретный язык нормативов, решений, предписаний, регламентирующих и стимулирующих людей на достижение поставленных целей.

В зарубежной социальной философии проблематику социальных технологий рассматривал К. Поппер. В работе «Открытое общество и его враги» он анализирует феномен социальных технологий, предлагает их типологию и выступает с жесткой критикой социальной инженерии как масштабных экспериментов над обществом, состоящих в насаждении теоретических моделей утопического социального порядка, приводящем в конечном итоге к утверждению тоталитаризма. Идеальное государство Платона он называет утопической инженерией, а проект Маркса – жесткой социальной инженерией, критикует их и предлагает мягкий вариант «поэтапной инженерии»: «применяющий его политик

¹ Социологический словарь Socium [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://voluntary.ru/dictionary/572/symbol/209> (дата обращения: 01.11.2015).

² Пестова Г.А. Социология управления: учебное пособие. – М.: Академия Естествознания, 2011.

может как иметь, так и не иметь перед своим мысленным взором план общества, он может надеяться, а может и нет, что человечество однажды воплотит в жизнь идеальное общество и достигнет на земле счастья и совершенства. Однако он будет сознавать, что если человечество и способно достичь совершенства, то это произойдет еще очень не скоро, и что каждое поколение людей, а значит поколение наших современников стремится не столько к тому, чтобы его осчастливили — ведь не существует институциональных средств, позволяющих сделать человека счастливым, — сколько к тому, чтобы его избавили от несчастий, которые человечество способно предотвратить»¹.

Разделив социальные технологии на «утопическую инженерию», которая изначально антигуманна и тоталитарна, и «поэтапную инженерию», Поппер тем самым признает необходимость социальных технологий как таковых и предлагает сосредоточиться на их сущности и особенностях их использования.

Введение социальных технологий в круг актуальных вопросов отечественной философии произошло, прежде всего, благодаря И.Т. Касавину. Он исходит из определения социальной технологии как «коммуникационно-деятельностной формы проявления социального субъекта на уровне организационной, управленческой и социально-проектировочной деятельности, в аспекте социального конструирования знания и реальности, основанного на социальных и гуманитарных науках»².

Радикальным поворотом в сфере социальных технологий стало создание социальных сетей и интернет-сервисов, основанных на технологиях Web 2.0. Содержание этого поворота не сводится к появлению новых средств воздействия на человека и общество, а подразумевает изменение самой *«технологии» социальной технологии*. Объединение миллиардов людей в социальные сети,

¹ Поппер К. Открытое общество и его враги. — М.: Международный фонд «Культурная инициатива». Soros Foundation (USA), 1992. — С. 201.

² Касавин И.Т. Социальные технологии. Теоретические концептуализации и примеры // Общественные науки и современность. — 2012. — № 6. — С. 101.

создание микроблогов и новых социальных медиа позволило каждому человеку самому стать медиа, делиться содержанием и социальными связями с другими пользователями.

Социальные медиа представляют собой новый вид коммуникации, основанный на использовании различных интернет-приложений, или сервисов Web 2.0, которые позволяют пользователям создавать контент и взаимодействовать друг с другом. Это взаимодействие может принимать различные формы, которые включают следующее: обмен ссылками на интересный контент, произведенный третьими лицами; общественные обновления публичной информации – профиля, в том числе о текущей деятельности и даже данные о местоположении; обмен мультимедийной информацией – фотографиями, видео и сообщениями. Социальное медиа может быть определено как «онлайн ресурс, который позволяет не просто просматривать информацию об интересующем явлении, но участвовать в обсуждении общественно значимых проблем и создавать различные сообщества, а также самостоятельно добавлять какую-либо информацию о деятельности организации (аудио, видео, фото)»¹.

В таких условиях функцию генерации информации и освещения событий может выполнять любой человек, использующий соответствующее приложение. К настоящему времени сложилась первичная типология социальных медиа, включающая сервисы микроблогов, основанные на мгновенном обмене короткими сообщениями; блоги и лонгриды, предполагающих развернутые описания и отзывы; сервисы совместной работы в сети, а также мультимедиахостинги и ряд других.

В то же время технологии больших данных (Big Data) позволяют анализировать эту информацию и создавать алгоритмы ее обработки для решения конкретных задач от формирования маркетинговых предложений,

¹ Шестеренкина Л.П., Борченко И.Д. Основные характеристики новых социальных медиа // Учёные записки ЗабГУ. – 2014. – № 2 (55). – С. 109.

адаптированных под конкретного пользователя до выявления едва намечающихся изменений политических предпочтений участников глобального сетевого взаимодействия.

Задача таких сетевых технологий состоит в том, чтобы собирать полезные данные и делать их еще более полезными, т.е. они могут быть рассмотрены как эпистемические практики. Практически с самого появления медиафилософии возникает и обосновывается ее теоретиками идея активности медиа, выходящего за пределы функции передачи информации, трансформирующего транслируемое содержание, «наряду со «слабым» значением медиа как нейтрального, индифферентного к смыслу средства передачи информации от отправителя к получателю «сильное» его значение включает в себя опосредование и посредника, которое его дополняет и расширяет»¹. Медиафилософия, хотя и использует чаще всего отличный от эпистемологического инструментарий, ставит задачи, тесно пересекающийся с исследуемыми нами проблемами эпистемических практик. Как указывают И.М. Чубаров и А.Л. Рябова, главным вопросом медианауки является то, какое сообщение являет собой каждый новый медиум и «как он трансформирует тем самым набор ценностных ориентаций человеческой цивилизации, модели социальных отношений, поведение и способы восприятия»².

Однако новое медиа не является нейтральным не только в ценностном или социокультурном отношении. Имея в своей структуре технологии интеллектуального анализа, оно перестает быть эпистемологически нейтральным, Новые медиатехнологии одновременно могут быть названы эпистемическими практиками, поскольку предполагают конструирование данных и метаданных и их использование для принятия решений и генерирования алгоритмов,

¹ Чубаров И.М., Рябова А.Л. Медиа, медианаука и философия медиа // ЛОГОС. ТОМ 25. – 2015. – № 2. – С. 94.

² Там же. – С. 95.

запускающих или блокирующих те или иные информационные процессы в сетевом пространстве.

Одним из первых примеров проявления эпистемических практик в социальных технологиях стала социальная аналитика, представляющая собой различные методы мониторинга, анализа, измерения и интерпретации цифровых связей и отношений людей, а также актуальных в сети тем, идей и распространяемого содержания. Социальная аналитика включает в себя анализ настроений, обработку сообщений на естественном языке, анализ социальных сетей (профилей, динамики, способов взаимодействия) и передовые методы, такие как анализ текста, прогнозирующее моделирование, автоматизированную идентификацию и классификацию предметов и тем сообщений, людей или содержания сетевого взаимодействия. Технологии социальной аналитики позволяют выявлять социальные связи в коллективах и распределенных сообществах, отслеживать происходящие изменения и использовать данные при принятии политических, экономических или социальных решений.

В методах социальной аналитики также наглядно проявился сам феномен конвергенции. Так, в исследованиях механизмов распространения информации в микроблогах и социальных сетях при анализе данных были использованы методики, ранее разработанные для исследования распределения мутаций в популяциях живых организмов, бактериальных и вирусных патогенов во время эпидемий¹. В частности, был выявлен «эпидемиологический порог», т.е. значение коэффициента соотношения перепостов, комментариев и упоминаний информации, при котором она становится известна большинству пользователей социальной сети. Кроме того, стоит упомянуть, что сфера информационных технологий всегда активно заимствовала биологическую терминологию для описания процессов распространения информации между пользователями как на уровне профессионального жаргона, так и в официальной терминологии (к примеру, вирус и антивирус, заражение и т.д.).

¹ Handbook of Human Computation. – New York: Springer, 2013. – P. 754.

Информационные технологии, как в случае биотехнологий, для социальных исследований стали не просто вспомогательным средством, инструментарием, но и определили изменение понимания самого общества, которое для специалиста по социальным технологиям представляет собой динамичный массив данных от множества акторов, объединенных сетевым взаимодействием. Интеграция информационного и социологического подходов к пониманию социальных процессов нашла свое отражение в виде технологий социальных вычислений, которые основываются на идее о том, что любое принятое человеком решение осуществляется в социальном контексте, следовательно, социальная информация должна служить основой для планирования любой деятельности.

Социальные вычисления – это технологии, поддерживающие сбор, представление, обработку, использование и передачу информации, которая распространяется в социальных группах, таких как исследовательские или бизнес-команды, сообщества, организации, рынки и т.д. Значимость этой информации связана именно с тем, что она связана с людьми, которые, в свою очередь связаны с другими людьми. Цель разработки технологий социальных вычислений состоит в том, чтобы понять, каким образом системы людей и компьютеров могут быть использованы в качестве посредников между людьми и используемыми ими инструментами. Теоретической основой социальных вычислений являются социальная психология и киберпсихология. Социальная психология охватывает такие темы, как принятие решений, убеждения, формы группового поведения и т.д. Когнитивные науки и эпистемология также играют огромную роль в понимании социальных вычислений и сетевого поведения человека. Таким образом, социальные вычисления – это программные продукты, учитывающие социальные особенности существования человека и технологии применения компьютерных средств для решения социальных целей. Наиболее наглядными примерами таких продуктов служат социальные медиа, сетевые компьютерные игры, блоги, wiki-технологии, чаты и т.д.

Главным источником данных для социальной аналитики и социальных вычислений в XXI в. выступают уже не столько традиционные опросы,

предполагающие ручной трудоемкий сбор и оцифровку сведений, сколько социальные сети, автоматически собирающие разнообразную информацию, касающуюся своих пользователей и их активности. В широком смысле социальная сеть определяется как цепочка отдельных лиц и их личных связей. Концепция социальных сетей строится на теории «шести рукопожатий», согласно которой любые два человека на Земле связаны друг с другом в среднем пятью знакомыми-посредниками. Следовательно, для того, чтобы объединять в сетевое взаимодействие миллионы людей, достаточно предоставить им возможность делиться с другими пользователями своими личными связями, на чем и основана работа социальных сетей, таких как Facebook, или бизнес-сетей, таких как LinkedIn.

Социальные сети не просто меняют привычные нам формы коммуникации, они вызывают глобальные эпистемологические и онтологические трансформации: «на место получения принципиально нового знания приходит управление уже полученным знанием... эпистемология объединяется с менеджментом знания через категорию «управления»¹. Непрерывный обмен письменными сообщениями, файлами и ссылками вызывает «эпидемию контента» и децентрализацию информационного пространства, сохранявшуюся на предыдущем этапе развития сети, в эпоху Web 1.0. На смену сайтам приходят приложения, на смену скачиванию – обмен и перепост с комментариями, своеобразная «производная» контента. Т.е. знание не выкладывается в сеть в готовом виде, не крадется и не дарится, «теперь оно рождается во взаимодействии пользователей»².

В сетях формируются свои динамичные способы упорядочивания информации в условиях ее лавинообразного нарастания, которые можно

¹ Опенков М.Ю., Лысоченко М.Н. Философия социальных сетей. Коммуникация знания. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ifap.ru/pr/2012/n121108a.pdf> (дата обращения: 01.11.2015).

² Там же.

рассматривать как эпистемические практики, позволяющие пользователю не «утонуть» во множестве медиаматериалов. Это, в частности, адаптивные ленты, создаваемые интеллектуальными алгоритмами для каждого пользователя социальных сетей на основе его предпочтений и особенностей активности в сети, и методы маркирования информации, например, хэштеги, позволяющие мгновенно создавать ленты сообщений по любой тематике. Сетевое взаимодействие давно достигло такого уровня усложнения, который создает широкие возможности для социальной самоорганизации, что наглядно демонстрируют, к примеру, сетевые научно-исследовательские коллективы и лаборатории.

Главной когнитивной новацией социальных сетей стало то, что пользовательская информация, аккумулируемая ими, представлена не потоком данных, а в виде особых динамичных интегрированных структур – социальных графов. Личные данные, социальные связи и их структура, социальные отношения и персональные предпочтения человека выстраиваются в социальный граф, проявляющийся на двух уровнях. На коммуникационном он детерминирует индивидуальное информационное пространство пользователя, а на информационном позволяет собирать сведения о практически любых сторонах личности или деятельности активного в сети человека. В обоих случаях использование социальных графов позволяет получать практический результат. Пользователь, владеющий методикой управления таким конструктом, может определять как содержание и структуру своего сетевого пространства, так и границы доступности его личных данных автоматическим системам и другим пользователям. Интегрированная информация о человеке в свою очередь может повысить эффективность интеллектуального поиска в ответ на запросы такого пользователя, сформировать для него индивидуальное рекламное предложение, сгенерировать рекомендации по выбору сетевых друзей, медиа-контента и т.д.

Социальные сети не исчерпывают всех направлений, по которым ведется разработка социального программного обеспечения. Сюда относятся сетевые гиды, социальные закладки, которыми можно делиться с друзьями, сетевые

системы хранения данных, виртуальные миры. Особую актуальность приобретают технологии ограничения сетевой активности, которые сами по себе являются сетевыми технологиями. В образовании, в бизнес-среде, где люди могут не справляться с поставленными задачами из-за того, что тратят слишком много времени в сети, достаточно остро стоит проблема ограничения сетевого взаимодействия.

Потенциал самоорганизации, создаваемый современными глобальными компьютерными сетями, в настоящее время можно оценить только приблизительно. Одной из наиболее интересных тенденций в мировом информационном пространстве стал феномен краудсорсинга, включающий метод распределенных вычислений, когда множество людей в сети предоставляют вычислительные мощности своих компьютеров для решения каких-либо масштабных исследовательских задач или использование «интеллекта толпы», когда большие группы людей добровольно участвуют в реализации тех или иных исследовательских проектов в сети. Установив небольшую программу, любой человек может поучаствовать в астрономических вычислениях, химических или биологических экспериментах или решении математических задач, посильных только суперкомпьютерам. Интернет людей – это концепция высокоуровневой информационной технологии, нового поколения социальных сетей, которая будет способна интегрировать при помощи сетевых технологий интеллектуальные и технологические возможности отдельных участников для решения коллективных задач.

Одним из наиболее показательных направлений в рамках вычислительного подхода в социальной сфере стали «Human Computation», или машинные вычисления с помощью человека. Традиционное понимание вычислительных машин предполагало их использование в качестве «усилителя» интеллектуальной деятельности человека. Однако достаточно быстро стало понятно, что целесообразной является не только передача ряда операций от человека к машине, но и то, что компьютер может успешнее решать задачи, если получит возможность обращаться к человеку за помощью, например при распознавании

изображений. Проекты с использованием такого «распределенного мышления» (distributed thinking) активно стали распространяться в 2000-х гг. На смену классическому пониманию искусственного интеллекта как самостоятельной автономной искусственной системы, обладающей когнитивными способностями, таким образом, приходят концепции гибридного человеко-машинного интеллекта.

Социальные технологии состоят в использовании знаний о человеке и обществе для осуществления воздействия на социум и процессы, происходящие в нем. Гуманитарные технологии, в свою очередь, фокусируются на человеке, изменении его поведения, когнитивных или иных личностных особенностей, ценностей, интеллекта, жизненных приоритетов, т.е. это «производство новых способов деятельности»¹. Если основным ресурсом традиционных технологий является материя в той или иной форме, то главным ресурсом гуманитарных технологий являются человек и знание².

В конце XX в. появляется термин «высокие гуманитарные технологии» (hi-hume), предметом которых является «преобразование биосоциальной природы человека, т.е. трансформация его генетического, когнитивно-логического и социокультурного кодов»³.

Высокие гуманитарные технологии направлены на осознанное проектирование человека и общества, это «методики, позволяющие эффективно и целенаправленно воздействовать на "общественное сознание" и тем самым на

¹ Узлов Н.Д. Настоящее и будущее гуманитарных технологий / Н.Д. Узлов // Вестник Пермского университета. Серия Философия. Психология. Социология. – 2011. – С. 63.

² Барышников П.Н. Философия IT, high-hume и... мифология / П.Н. Барышников // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. – 2012. – № 3.

³ Чешко В.Ф., Глазко В.И. High Hume (биовласть и биополитика в обществе риска). Учебное пособие. – М., 2009. – С. 283.

общественные процессы»¹, или «воздействие и формирование живого человеческого сознания». Российский экономист М.Г. Делягин подчеркивает, что высокие гуманитарные технологии отличает именно проективный характер воздействия на человека и приводит в пример PR (public relations), суть которых состоит в формировании в обществе благоприятного восприятия какого-либо объекта. Если реклама и маркетинг, отмечает он, приспособливают товар к вашим потребностям, то «PR приспособливает вас к уже имеющемуся товару»².

Конец XX в. демонстрирует парадигмальный сдвиг в понимании целей научного и технического познания, который можно назвать антропологическим поворотом. Научно-техническое развитие европейской цивилизации и сама идея прогресса традиционно основывались на идее преобразования природы и ее подчинения потребностям человека. Среди причин изменения этой идеи, безусловно, нужно отметить негативные экологические последствия и биосферные трансформации, вызванные появлением у человека средств, инструментов и возможностей кардинально менять сложившийся в природе порядок. Примерами могут служить активная добыча полезных ископаемых, строительство масштабной инфраструктуры, меняющей традиционные ареалы обитания животных и растений, вырубка лесов и т.д. Однако не менее важны и мировоззренческие изменения и структурные трансформации самой науки. На первый план выходят исследования, непосредственно связанные с человеком, и технологии, которые могут обеспечить интеллектуальное и физическое здоровье, комфорт, безопасность, обучение и развлечения. Нарастание проявлений общества потребления в виде экономических кризисов, экологических и

¹ Практика глобализации: игры и правила новой эпохи / Под редакцией директора ИПРОГ-а, д. э. н. М. Г. Делягина. – Москва, 2000.

² Делягин М.Г. Глобализация: влияние нового уровня открытости на международную конкуренцию и общественные отношения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pseudology.org/information/HighHume.htm> (дата обращения: 11.10.2015).

социальных проблем привело к необходимости переосмысления потребностей самого человека, переоценки его планетарных амбиций. В итоге современность можно рассматривать как «некий закономерный этап в развитии человечества, когда его воздействие на биосферу достигло некоторого предела, и стало легче изменять самих себя, чем изменять биосферу»¹.

Высокие гуманитарные технологии в таких условиях становятся даже более значимыми, чем традиционные ресурсы, например, деньги. Обладание технологиями, способными формировать потребности и требуемые социальные процессы или формы поведения, становится важнейшим фактором конкурентоспособности производителей товаров и услуг, политического влияния, экономической успешности.

В настоящее время можно выделить ряд сложившихся направлений развития высоких гуманитарных технологий, к которым относят технологии управления сознанием, PR, образовательные технологии, когнитивные технологии, «фабрики мысли», биотехнологии, нейротехнологии, геронтологию и разработку технологий продления индивидуальной человеческой жизни, генные технологии, человеко-машинные интерфейсы и многие другие.

Очевидно, что потенциал социальных преобразований, отличающий высокие гуманитарные технологии, одновременно означает широкие возможности для манипуляций сознанием индивида, социальных групп и общества в целом. Иногда hi-hume понимаются буквально как технологии манипуляции человеком: «подчеркнем, что в нашем понимании Hi-Hume речь идет не об «очеловечивании» техники и технологий, а о технологиях, которые предназначены для целенаправленного изменения человеческого сознания, как

¹ Делягин М.Г. Глобализация: влияние нового уровня открытости на международную конкуренцию и общественные отношения.

индивидуального, так и массового... мощь этих технологий насколько велика, что они способны разрушать механизмы саморегуляции человека и социума»¹.

В то же время нельзя не отметить, что высокие гуманитарные технологии имеют значительный потенциал для развития человека, его когнитивных способностей, социальных и личностных качеств, для воспитания нравственных и ценностных ориентаций.

Рассмотренные социальные и гуманитарные технологии представляют лишь малую часть того многообразия технологических средств, которые уже имеются и разрабатываются для управления человеческими ресурсами. Но даже этот неполный перечень наглядно показывает, что социальные технологии не просто являются значимыми, они выступают условием для внедрения любой технологической или научной инновации, что ставит проблему их социально-гуманитарной экспертизы, а также совершенно новые задачи перед современным образованием, в том числе технологическим, поскольку любая деятельность погружена в стремительно меняющееся социальное взаимодействие, что нужно прогнозировать и учитывать.

¹ Жукова Е.А. Человек в плену у hi-hume // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2007. – № 11. – С. 30.

4.2. Методологические основания социальной оценки и гуманитарной экспертизы технологий

Техническая рациональность, основанная на деятельностно-преобразуемом отношении человека к миру, на всех этапах являлась важнейшим условием выживания и развития человека. Производство артефактов и изменение природных систем для обеспечения реализации заданных функций явились фундаментальными практиками, в рамках которых проходило накопление знаний о природе и человеке, выработка стратегий взаимодействия с миром, конструирование «второй природы», адаптированной под нужды человека. Древняя и средневековая технология как квинтэссенция опыта, новоевропейская техника, синтезирующая теоретический и прикладной слои знания в проектируемых системах, и технонаучные инновации XX в. отражают ключевые этапы технологии как особой рациональности, прошедшей путь от платоновского понимания «тэхне» как искусства и ремесла до саморефлексивного технического знания, возникающего при решении проблемы двойной демаркации, определения суверенитета по отношению как ко вненаучному, к научному знанию. Если научная рациональность прошла долгий путь от классического субъекта как чистого разума к пониманию ценностной и этической нагруженности научного знания и познания, то техническая деятельность на всех этапах рассматривалась в антропологическом контексте, влияние техники на человека, его жизненный мир и ценности, повседневный уклад, культуру и общество неизбежно волновали всех причастных в рамках всех уровней и типов мировоззрения, от обыденного до глобального, от мифа до философии.

На разных этапах технической рациональности гуманитарное осмысление техники имело свое значение. Особенность современности связана с тем, что, пройдя этап соединения теоретического и прикладного знания и приобретя мощные метатехнологические инструменты, такие как информационные или биотехнологии, человек получил возможность создавать уже не просто изменять природу, но создавать глобальные и локальные автономные технические системы-

конгломерации, гибридные структуры, в которых размывается грань между естественным и искусственным, живым и неживым, разумным и неразумным. В таких условиях традиции технопессимизма и алармизма в гуманитарном обсуждении технического прогресса, не теряя своей актуальности, становятся малопродуктивными. Ориентация на выделение «плюсов» и «минусов» в существовании сложноорганизованных систем, хотя и позволяет вскрыть многие аспекты, не всегда дает сформулировать конкретные осуществимые решения антропологических, ценностных и социокультурных проблем. В то же время современный темп инноваций, часть из которых способна преобразовать все сферы общества в короткие сроки, требует комплексного осмысления технологий уже на этапе проектирования. Меняется и отношение общества к научному развитию: наука рассматривается как то, что может решить проблемы, удовлетворить запросы и потребности человека.

Складывается ситуация, когда внутри технологических или индустриальных проектов, базирующихся на концептуальных основаниях, затрагивающих природу и будущее человека, социальных отношений, ценностей, идеологии, возникает потребность в философском осмыслении и гуманитарной экспертизе. Это наиболее заметно в отношении программ, определяющих современное состояние научно-технического и промышленного развития как революцию. Можно выделить как минимум несколько подобных подходов: программу NBIC-конвергенции, проект четвертой промышленной революции Industry 4.0., основывающийся на глобальных промышленных сетях, Интернет вещей, концепцию разумного окружения, трансгуманистические проекты. Философия техники становится исследованием границы человеческого и искусственного внутри и вовне, техноэволюции и коэволюции человека, технологий, природы и общества. Необходима гуманитарная экспертиза технико-технологических изменений, прогнозирование возможных вариантов развития и, главное, выработка парадигмы и стратегии научно-технического, социального и ценностного развития.

Методологическая составляющая исследования базируется на традиции гуманитарной экспертизы, сложившейся преимущественно в рамках философских исследований. Это обусловлено тем, что именно философский подход может быть основанием для междисциплинарной интеграции гуманитарных направлений, связанных с осмыслением сути современных прорывных технологий, специфики их взаимодействия с человеком и социальных трансформаций, которые могут быть ими вызваны. Гуманитарная экспертиза рассматривается как «социальная технология опережающего реагирования на возможные негативные последствия социальных и технологических инноваций в условиях нередуцируемой множественности моральных перспектив и экспертных оценок»¹. Ее целью является защита человека в ситуациях, когда он подвергается воздействию современных технологий.

Сложность осуществления гуманитарной экспертизы современных технологий связана с рядом факторов, прежде всего с разрывом между философским осмыслением технологии и практикой ее внедрения. В то же время социальной или психологической экспертизы уже недостаточно, поскольку технологии затрагивают не только среду обитания человека, но и его тело, мозг, ценности, жизненный мир, а эти изменения требуют философского осмысления. Спецификой современной ситуации является то, что эти вопросы недостаточно обсуждать в философских дискуссиях или статьях, поскольку сама ситуация требует практических результатов, применение которых должно обеспечить оптимальное использование технических инноваций, особенно если они затрагивают природу и сущность человека. Исходя из этого можно утверждать, что гуманитарная экспертиза представляет собой синтетическую форму, соединяющую философский анализ, научные данные, прогностические методы, этические правила и практические рекомендации.

¹ Тищенко П.Д. Философские основания гуманитарной экспертизы // Знание. Понимание. Умение. – 2008. – № 3. – С. 198.

Как справедливо отмечает Б. Юдин, одним из первых вопросов, возникающих при рассмотрении гуманитарной экспертизы, является определение ее объекта и предмета, к которым могут относиться как технологические инновации, человек, так и результаты их взаимодействия. Он предлагает рассматривать предметом гуманитарной экспертизы сопряженные технологии, т.е. способы взаимодействия с технологиями, а также «те результаты, к которым ведут эти наши взаимодействия, и, наконец, те изменения в нас самих, которые вызываются этими взаимодействиями»¹.

В настоящее время сложилось несколько подходов к осуществлению гуманитарной экспертизы, среди которых можно отметить технологию форсайта, генерацию сценариев, метод оценки рисков, каждый из которых был использован коллективами экспертов NBIC-программ. Так, метод сценариев был активно использован при разработке проекта «Конвергентные технологии для европейского общества знания» (Нордманн). При построении сценариев, как правило, используется распространенный шаблон, согласно которому описываются «оптимистический», «инерционный» и «пессимистический» сценарии, учитываются возможные вариации внешних условий, активности ключевых акторов и новые складывающиеся ситуации, которые могут приводить к отклонениям траектории развития объекта от базового сценария (риски). Технология форсайта как систематического процесса построения видения будущего, нацеленного на повышение качества принимаемых в настоящий момент решений и ускоренное целенаправленное развитие рассматриваемой области, была использована при построении дорожных карт NBIC-конвергенции, в частности в рамках ее американского проекта (Роко, Бейнбридж).

Оценка рисков может рассматриваться как фундаментальная задача, с решением которой ежедневно сталкивается практически любой живой организм, определяя степень угрозы или возможность использования ситуации для

¹ Юдин Б.Г. Проблемы гуманитарной экспертизы // Знание. Понимание. Умение. – 2006. – № 4. – С. 193.

выживания. Человек также непрерывно оценивает риски, выбирая продукты для ужина или переходя дорогу. С вступлением человечества в индустриальную эпоху эта задача приобрела новое измерение, связанное с технологическими рисками. Технологический рост сделал риски нелинейными, увеличив вероятность глобальных антропогенных катастроф и необратимых экологических изменений и одновременно резко снизив детскую смертность, опасность голода, увеличив продолжительность жизни.

Экспертиза рисков становится обязательной практически для всех технологий. Методологически она базируется на идее о том, что ни одна технология не является свободной от потенциальной опасности для человека, природы или общества, поэтому необходимо выявить возможные трансформации и негативные последствия, которые она может вызвать, оценить степень их вероятности и условия, при которых ее использование будет наименее опасным. Как справедливо замечает У. Бек, «в абсолютной безопасности нам, людям, явно отказано»¹. Разделяя риски на доиндустриальные (природные катастрофы, чума, голод); военные, где негативные последствия изначально предполагаются, и техноэкономические (индустриальные), исследователь пишет, что последние являются новоприобретением человечества и имеют принципиальные качественные отличия. От военных они отличаются своим «нормальным рождением», или «"мирным происхождением" в мировых центрах рациональности и процветания под сенью закона и порядка»². Доиндустриальные риски не основаны на решениях и трактовках опасностей, они даются человечеству извне, а за индустриальные риски ответственны люди, коллективы и организации.

¹ Beck U. From Industrial Society to the Risk Society // *Theory, Culture and Society*. – 1992. – №1. – P. 97.

² Бек У. От индустриального общества к обществу риска / Перевод к.ф.н. А.Д. Ковалева // *THESIS*. – 1994. – Вып. 5. – С. 162.

С появлением сложных технологий, обладающих большими возможностями, у человечества возникает необходимость реагировать на неопределенность, которая им присуща. Научное обоснование и исчисление рисков приходит на смену традиционной оценке угроз. Бек показывает, что морально-этическая допустимость технологии, например, загрязнения воздуха, сменяется статистическим анализом, зафиксированными минимально допустимыми показателями смертности, и называет индустриальное общество обществом остаточного риска.

Особенность постиндустриального общества состоит в совпадении нормальных и исключительных условий. Технологические риски становятся повседневными, а худший вариант техногенных катастроф предполагает ситуацию, исправить которую будет невозможно, и последствия, которые не снимаются страховыми выплатами. Риски перестают быть измеримыми, их неопределенность не только возрастает количественно, но и становится качественно иной, более сложной и многогранной. Одной из основных причин этого У. Бек называет противоречие между традиционной ориентацией на безопасность как гарантию защиты от катастроф и негативных проявлений, базирующихся на принципах классической рациональности, и появлением принципиально новых угроз: «В Европе конца XX в. сходятся две противоположные линии развития: уровень безопасности, опирающийся на совершенство техно-бюрократических норм и средств контроля, и распространение угрозы исторически новых опасностей, которые проскальзывают сквозь все заградительные сети закона, технологии и политики. Это противоречие – не технического, а социального и политического характера – остается скрытым в "смещении времен" (Gunther Anders). Такое положение будет продолжаться, пока живут старые индустриальные стереотипы рациональности и контроля»¹.

В связи с этим очевидно, что одной из основных проблем становится поиск эффективной методологии, позволяющей работать с рисками в современных

¹ Бек У. От индустриального общества к обществу риска. – С. 167.

условиях глобальности и неопределенности технологических угроз с учетом социального и гуманитарного аспектов.

Одной из активно разрабатываемых методик гуманитарной экспертизы является оценка технологических рисков¹², базирующаяся на принципе предосторожности, или предусмотрительности, суть которого состоит в том, что в ситуациях, когда потенциальная угроза для человека неизвестна, правительственные структуры могут «вводить меры защиты, не дожидаясь точной информации о наличии и объеме угрозы»³. В этом случае вступление в силу указанного принципа происходит на основе учета трех факторов, а именно анализа возможных негативных последствий рассматриваемого феномена и определения круга субъектов и объектов, которые могут подвергнуться опасности; оценки рисков и возможных последствий на основании уже имеющихся научных знаний; оценки степени научной неопределенности⁴.

¹ См. Бек У. От индустриального общества к обществу риска.

² См. Decker M. Nanopartikel und Risiko – ein Fall für das Vorsorgeprinzip? Betrachtung aus der Perspektive der Technikfolgenabschätzung. // Nanotechnologie. Grundlagen, Anwendungen, Risiken, Regulierung / Hrsg. Scherzberg A., Wendorff J.H. – Berlin: De Gruyter Recht, 2009. – P. 113–137.

³ Ефременко Д.В., Гиряева В.Н., Евсеева Я.В. NBIC-конвергенция как проблема социально-гуманитарного знания // Эпистемология и философия науки. – 2012. – № 4. – С. 124.

⁴ Decker M. Nanopartikel und Risiko – ein Fall für das Vorsorgeprinzip? Betrachtung aus der Perspektive der Technik folgenabschätzung. – P. 118–119. Использован перевод с немецкого В.Н. Гиряевой: Гиряева В.Н. Принцип предусмотрительности и регламент reach в регулировании нанотехнологий. Реферативный обзор. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://nbic-convergence.narod.ru/olderfiles/1/Giryayeva_Reglament_REACH.pdf (дата обращения: 23.07.2014). – С. 5–6.

Принципиальная научная неопределенность отличает все проекты, ориентированные на будущее развития технологий, при этом в случае NBIC-конвергенции круг субъектов и объектов воздействия инноваций стремится к максимуму, поэтому оценка рисков конвергентных технологий становится важнейшей задачей. Неопределенность конвергенции в целом и отдельных ее компонентов делает неустранимым наличие потенциальных рисков, новых возможностей и угроз. Прекрасно раскрывает суть проблемы высказывание Т. Книбе: «Человек – загадочное существо. Особенно загадочен вопрос, почему он боится некоторых технических новшеств, а некоторых – нет. Сейчас мы боимся ... нанотехнологий, но явно недостаточно»¹.

Исследование рисков (наука о риске) стало динамично развиваться в последние три десятилетия. К примеру, в химической промышленности США на исследование рисков тратится 25–30% всего финансирования научных разработок, а в фармакологии этот процент достигает 50%. Сформировался круг новых специалистов – экспертов по оценке и управлению рисками. Оценка рисков человеком является предметом изучения еще одной возникшей в конце XX в. дисциплины – психологии восприятия рисков.

В литературе описано несколько концепций, раскрывающих виды и структуру рисков. Классификация Р. фон Шомберга включает четыре вида, такие как *известный риск*, когда опасность и последствия известны и речь идет об определении возможностей защиты и ее обеспечении; *риск, не поддающийся количественной оценке*; *гносеологическая неопределенность*, в случае которой не сформировано полное научное понимание системы и нет единого мнения ученых относительно ее потенциальной опасности; *гипотетический риск*, о котором можно говорить, если на данном этапе развития науки отсутствует научное понимание проблемы и все высказывания о ее угрозе носят предположительный

¹ Kniebe T. Nano // Magazin der Süddeutschen Zeitung. – 2009. – № 48. – P. 8.

характер¹. Сложность оценки рисков конвергентных технологий связана с тем, что в ней должны учитываться вторая, третья, а в стратегическом плане и четвертая группы рисков.

Нордманн пишет, что риски конвергентных технологий – это обратная сторона их возможностей и предлагает сгруппировать их в три класса. Экономические риски связаны с инвестициями и угрозой их потери из-за нереализовавшихся проектов. Социальные риски возникают тогда, когда принятие обществом технологий опережает понимание их воздействия на социальные процессы и явления и осознание последствий их использования. К третьему классу он относит риски, наследуемые проектом вместе с теми технологиями, которые входят в структуру конвергенции (это, к примеру, риски нано- и биотехнологий). Также необходимо учитывать, указывает он, специфику осознания рисков человеком. Жители европейских стран, привыкшие к высокому уровню жизни, готовы ради комфорта мириться с последствиями общества потребления, старением населения как результатом успехов медицины, глобализацией как последствием информационной революции, но любое снижение уровня жизни вызывает резкий протест, иначе говоря, «потребительство опережает этику»².

Наиболее исследованными к настоящему времени являются риски нанотехнологий, развитие которых неизбежно приведет к созданию ряда принципиально новых угроз жизнедеятельности человека. Риски нанотехнологий и наноматериалов обусловлены спецификой их технических решений, основанных, прежде всего, на самоорганизации, высокой адаптивности, самообучаемости и самовоспроизводимости.

¹ Schomberg R. von. The precautionary Principle and its Normative Challenges // Implementing the Precautionary Principle, Perspectives and Prospects; E. Fischer, J. Jones, R. von Schomberg (Eds.). Cheltenham, 2006. – P. 29.

² Nordmann A. Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies. – Luxembourg: European Communities, 2004. – P. 30.

В Программе развития nanoиндустрии в Российской Федерации до 2015 года утверждается, что в ближайшие 15–20 лет следует ожидать создание децентрализованных распределенных систем микро- и нанодатчиков, автономных микроаппаратов с элементами интеллекта, способных к самостоятельным и скоординированным действиям по проникновению, сбору информации и уничтожению сложных технических систем. В более отдаленной перспективе достижения нанобиотехнологий могут привести к созданию имплантируемых наносистем, обеспечивающих мониторинг и контроль состояния организма, в том числе путем модификации биохимических процессов на клеточном уровне, и управление нейронными структурами, и боевых роботов, обладающих сенсорными возможностями, превосходящими человеческие¹.

К технологиям, представляющим наибольшую угрозу при это относят принципиально новые виды оружия массового поражения, основанные на саморазвивающихся гибридных биоподобных наносистемах и наноструктурах; самовоспроизводящиеся биоподобные наноструктуры с непредсказуемыми свойствами; искусственные биологические и гибридные организмы, обладающие свойствами самоорганизации, адаптации, самообучения и воспроизводства; высокоэффективные технологии организации утечки информации и промышленного шпионажа и др. Развитие нанотехнологий приведет к дальнейшему совершенствованию датчиков, средств и систем распознавания образов, широко используемых при обеспечении деятельности спецподразделений, в системах управления оружием, в составе разведывательно-сигнализационной аппаратуры и др. (навигационные датчики, исполненные с использованием МЭМС и нанотехнологий, позволят конструировать более эффективные и компактные системы местоопределения, что в свою очередь повысит результативность применения систем разведки, целеуказания, доставки

¹ Программа развития nanoиндустрии в Российской Федерации до 2015 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mail.google.com/mail/ca/u/0/?shva=1#inbox> (дата обращения: 06.08.2014).

боеприпасов и специальных средств. Также МЭМС-сенсоры и системы навигации на их основе будут использоваться в снарядах, ракетах и торпедах нового поколения)¹.

Оценка рисков и гуманитарная экспертиза не должны рассматриваться как единичные события. Развитие технологии меняет ее возможности, риски и ожидания в ее отношении. Фокус гуманитарного анализа при этом может смещаться также и вследствие социальных и культурных трансформаций, изменения мировоззрения, идеологии, ценностных ориентаций общества. Мы можем проследить это на примере этапов оценки компьютеризации и разработки искусственного интеллекта. Отраженные в публицистике, художественной литературе и кинематографе социальные страхи в разные периоды были связаны с опасностью «бунта машин» и порабощения человека созданными им разумными устройствами. Автоматизация породила угрозу безработицы и страх физической и интеллектуальной деградации человека, освобожденного от труда. В 90-е гг., в период расцвета досетевых компьютерных игр, наиболее часто высказывались опасения по поводу возможной аутизации общества и формирования асоциальных стереотипов поведения у поколений, воспитанных в виртуальной игровой среде. Возникновение Интернета и социальных сетей вывело на первый план проблемы аддикции, ухода человека в виртуальный мир, разрушения традиционных способов взаимодействия, тотального контроля за каждым человеком. Приведенный пример показывает, что гуманитарная экспертиза должна рассматриваться как непрерывный процесс осмысления человеком не только технологий и их последствий, но и самого себя.

Принципиальным для гуманитарной экспертизы должно быть принятие во внимание того факта, что оценка рисков напрямую влияет на скорость и направление развития науки и технологий. Наиболее яркий пример в XX в. продемонстрировало соревнование информационных и биотехнологий. Первые показали значительно более высокие темпы роста во многом в силу того, что

¹ Программа развития наноиндустрии в Российской Федерации до 2015 года.

исследования в этой области не ограничивались морально-этическими проблемами, а риски, которые также высоки, если судить по тому, как информационные технологии изменили мир, либо не обсуждались всерьез, либо принимались как должное. В области биотехнологий любое, даже самое локальное исследование, необходимо проходит экспертизу множества комиссий, в том числе юридических и биоэтических, что не может не влиять на развитие отрасли. При этом с подобными проблемами сталкиваются в том числе и крайне востребованные и ожидаемые обществом технологии. Это дает основания некоторым специалистам¹ выступать против применения принципа предусмотрительности и не прекращать разработки, возможные угрозы которых не определены. В качестве аргумента приводится высказывание о том, что при следовании данному принципу даже электричество не должно было бы исследоваться в силу потенциальной угрозы человеку и природе. Этические запреты привели к практически полному прекращению исследований в области физической антропологии в большинстве стран, несмотря на важность этого направления для понимания природы человека, его эволюции и специфики как биологического вида². Таким образом, современное общество уже столкнулось как с ситуациями, когда беспечность и недостаточно тщательная экспертиза технологий приводит к ощутимым негативным последствиям, так и с примерами того, как этические запреты и социальные риски приводят к замедлению или остановке развития крайне востребованных для общества направлений. Гуманитарная экспертиза при этом должна рассматриваться не только как основание для запрета спорных исследований, но и как метод рефлексии человечества в зеркале новых технологий.

¹ Dederer H.-G. Neuartige Technologien als Herausforderung an das Recht – dargestellt am Beispiel der Nanotechnologie // Spranger T.M. (Hrsg.). Aktuelle Herausforderungen der Life Sciences – Berlin: LIT, 2010. – С. 72–74.

² Дробышевский С.В. Предшественники. Предки? Часть VI. Неоантропы (Африка, Ближний Восток, Азия). Москва, УРСС, 2010. – 390 с.

Развитие конвергентных технологий привело к изменению целей, задач и методов самой гуманитарной экспертизы. Традиционно понимаемая как анализ воздействий, рисков, позитивных и негативных последствий инноваций для общества и человека, она изменяется как концептуально, так и институционально. Модель гуманитарной экспертизы как внешней оценки, которая «обеспечивает «смазку» процесса технологического развития, но сама в это развитие не включена»¹ заменяется проектной моделью, в которой социальные науки интегрированы в структуру исследовательской и инженерной деятельности, а социотехническое проектирование становится основной формой инновационной деятельности.

Таким образом, главным отличием конвергентных технологий от технических инноваций предыдущих поколений является социально-гуманитарная нагруженность, т.к. они не просто направлены на удовлетворение нужд человека, а используют алгоритмы и особенности поведения человека и социальных групп в качестве основы своей деятельности. Серьезность происходящих изменений дает нам основание говорить об антропологическом повороте в научно-техническом развитии. Человек становится не только создателем и потребителем техники, но и образцом, моделью в процессе получения технического знания. Хотя в современной культуре господствуют представления об уникальности и неповторимости человека, его мозга и интеллекта, мы уже живем в искусственном мире, копирующем самые разные проявления человеческого: логику, мышление, восприятие, даже эмоции. Искусственные системы имитируют устройство и работу кисти, ступни, органов чувств, мозга, сердца. Можно сказать, что человек творит вторую природу по своему подобию.

Человек вновь становится мерой всех вещей с той разницей, что границы человеческого определить становится все сложнее, поскольку техническое уже не только снаружи, но и внутри, в виде искусственных тканей, органов, лекарств

¹ Андреев А.Л. Технонаука. – С. 214.

и т.д. Обучение, воспитание, формирование мировоззрения идут при непосредственном участии технологий. В связи с этим первостепенное значение получают этические, нравственные вопросы, осложняемые тем, что человек, с одной стороны, не понимает, что в технологиях полезно, а что несет вред, а с другой стороны, избалованный дарованной ему научно-техническим прогрессом легкостью удовлетворения повседневных нужд, не готов отказаться от технологических благ эпохи потребления.

Глава 5. Конвергенция науки и технологий и задачи современного образования

5.1. Модели взаимодействия фундаментальных и прикладных исследований в процессе научного познания

В эпистемологии технического знания одним из основных является вопрос о том, как соотносятся и взаимодействуют друг с другом научное знание и технологии. Для рассмотрения этой проблемы необходимо учитывать, что понятие технологии включает в себя описание, как минимум, двух групп объектов, а именно, устройств, или артефактов, и теоретических конструкторов. Классические линейные модели, описывающие взаимодействие между наукой и технологиями, основываются на иерархическом принципе, подразумевающим отношения соподчинения между ними. При таком подходе технологии чаще всего рассматриваются как прикладные формы, реализующие научные идеи и системы.

Можно выделить две группы моделей, опирающихся на представления об отношениях субординации. Традиционный подход предполагает рассмотрение технологии как приложения фундаментального научного знания к решению практических задач и базируется на идее о том, что «без фундаментальных исследований нет возможностей для прогресса в области технологий»¹. Крайний вариант такой модели признает в качестве научного знания и исследования только фундаментальное. Прикладные направления в таком случае рассматриваются как условно названные научными, но не приносящие нового знания. Так, В. Буш, один из участников Манхэттенского проекта в основополагающей работе, посвященной соотношению техники и науки, отмечает, что именно низкий статус инженеров и технических специалистов в иерархии ученых привел к введению

¹ Cuevas A. The Many Faces of Science and Technology Relationships // Essays in Philosophy: Vol. 6: Iss. 1, Article 3.

прикладных наук, поскольку репутация прикладного исследователя лучше, чем технического специалиста.

Другой вариант предлагает М. Банг, определяющий технологию как прикладную науку. С его точки зрения, методы науки могут быть применены для получения и приращения знания, понимания природы, человека и общества, улучшения благосостояния и т.д. Разделение между видами наук необходимо производить, исходя из тех задач, которые они ставят: «если цель состоит исключительно в познании, то имеет место чистая наука; если преимущественно планируется практический результат – прикладная»¹. При этом он выделяет два способа производства технологий на основе научных знаний. В первом случае технологии происходят непосредственно из основополагающих теорий. Так, например, теория полетов может рассматриваться как приложение аэродинамики. Вторая возможность связана с построением прикладных теорий, реализующих научные методы.

Начиная с 60-70-х гг. XX в. линейная модель активно критикуется в философских, экономических, исторических, социологических исследованиях. Определение специфики современной науки и перспектив ее дальнейшего развития остается наиболее актуальной проблемой современной философии науки. При ее постановке определяющее значение имеет выявление системообразующих факторов, изменение которых может служить основанием для описания эволюции науки. В качестве такого критерия может выступать специфика взаимодействия фундаментальных и прикладных исследований в научном познании. Данная проблема необходимо включает вопрос о роли технологий в научном познании, системное исследование которого является

¹ Bunge M. Technology as Applied Science // Technology and Culture. – 1966. – №7. – P. 329

задачей технонауки¹ – направления в философии техники, активно заявившего о себе в последние десятилетия. Технологии могут встраиваться в научное исследование в качестве среды и движущей силы научного познания, они становятся объектами исследований, иногда выступают как цель и результат научного познания. В итоге на современном этапе мы уже не можем считать технологии побочным продуктом, они интериоризированы в научные исследования.

Новый характер взаимодействия науки и технологий проявился в понятии инновационной деятельности, понимаемой как единый процесс фундаментальных и прикладных исследований, целью которого является внедрение новых продуктов, технологий, методов и т.д. Термин «инновация» начал активно использоваться в научном, экономическом, политическом, образовательном дискурсах и потребовал пересмотра структуры взаимоотношения всех участников процесса научно-технического развития. Одной из причин необходимости такого переосмысления стали трудности с реализацией многообещающих инноваций, не оправдывающих ожиданий в силу различных причин.

Данное явление было описано в 90-е гг. XX в. аналитиками компании Гратнер Д. Фенн и М. Раскино, которые показали, что до достижения зрелости любая технология проходит ряд этапов развития. Появление инновации, названное этапом технологического триггера, характеризуется большим недоверием со стороны экономического сообщества. На этом этапе появляются первые публикации, формируются пробные проекты. При условии получения инвестиций и грамотной информационной поддержки технология становится известной и наступает этап чрезмерных ожиданий. В дальнейшем происходит утрата новизны, выявляются недостатки, наступает избавление от иллюзий. На этом этапе наиболее тяжело происходит развитие, поскольку инвестиции в

¹ Термин введен бельгийским философом Г. Хоттойсом в 1979 г., см. Hottois G. Le signe et la technique. La philosophie à l'épreuve de la technique. Paris.: Aubier, 1984. – 222 p.

инновационный продукт получить легче, чем в известную технологию, не оправдавшую ожиданий и требующую доработки. От этапа устранения недостатков будет зависеть судьба направления в целом. Успешность его прохождения приводит к коммерциализации идей и их внедрению в массовое применение. С этого момента наступает этап зрелости технологии, называемое «плато продуктивности», когда она воспринимается как данность, имеющая достоинства и недостатки.

Большинство инновационных проектов либо не достигает пика ожиданий, либо не преодолевает этап устранения недостатков. Успешность инновации зависит как от потенциала роста самой технологии, так и от эффективности управления и сопровождения нововведения. Стал необходимым пересмотр структуры самого инновационного процесса.

К концу XX в. сложилась классическая линейная схема внедрения научных знаний, подразумевавшая, что фундаментальное и прикладное исследование представляют собой разные этапы познания. Первая модель, разработанная для описания взаимоотношений науки, технологий и экономики, получила название линейной. Она базируется на идее о том, что в основе инноваций лежат фундаментальные исследования, которые затем продолжаются в прикладных и в итоге внедряются в производство и доводятся до потребителя. При этом подразумевается, что результаты первого этапа представляют собой входную информацию для второго, а итоги прикладных исследований далее используются при выведении полученных продуктов и технологий на рынок. Такая модель не предполагает обязательных механизмов обратной связи между этапами исследований и основывается на искусственном разделении наук на фундаментальные и прикладные. В качестве субъектов научно-технического процесса выступают научные учреждения (в т.ч. университеты) и промышленные

предприятия. Другим игрокам, в частности государству и потребителям, отводится второстепенная роль, в связи с чем, данная модель активно критикуется¹.

Уязвимость линейной модели парадоксальным способом связана с ее основным преимуществом. Она предполагает долгосрочное научно-техническое развитие, уделение существенного внимания фундаментальным исследованиям, даже если они не имеют очевидной практической полезности. Запросы экономики конца XX в., основанной на стимуляции потребительского спроса, быстром внедрении разработок и их постоянном обновлении, потребовали иных схем взаимодействия науки и технологий, которые не устраняют фундаментальные исследования, но оптимизируют их, ставят на службу гонке инноваций.

В качестве альтернативы господствовавшей на тот момент линейной концепции в 80-е гг. формируется интерактивная модель производства и внедрения научных знаний. С. Клайн и Н. Розенберг² описали и подвергли критике классическую линейную модель взаимодействия фундаментальных и прикладных исследований и предложили новую, интерактивную модель инновационного процесса. Это послужило началом для развития отдельного направления в рамках философии науки, связанного с описанием и анализом моделей процессов научно-технического развития, производства и внедрения инноваций.

Становление технонауки привело к структурным и институциональным изменениям исследовательских организаций и коллективов. В конце XX в. резко

¹ Mehta M.D. Nanoscience and nanotechnology: Assessing the Nature of Innovation in these fields // Bulletin of Science, Technology & Society. Vol. 22. – 2002. – № 4. – P. 269–273. Kline S., Rosenberg N. An overview of innovation. In R Landau & N. Rosenberg (Eds.) // The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth. Washington, DC.: National Academy Press, 1986. – P. 275–306.

² Kline S., Rosenberg N. An overview of innovation. In R Landau & N. Rosenberg (Eds.) // The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth. Washington, DC.: National Academy Press, 1986. – P. 275–306.

усилилась тенденция коммерциализации науки, и одновременно происходило «онаучивание» бизнеса. От академических организаций все больше требовалось внедрение результатов исследовательской деятельности, а ведущие коммерческие корпорации активно создавали собственные лаборатории и научные подразделения. Сложилась ситуация, когда исследование в современной науке – это «в подавляющем большинстве случаев вовсе не стремление построить какую-то новую оригинальную теорию, а попытка создать эффективную технологию с хорошими рыночными перспективами»¹.

В основе возникшей в таких условиях интерактивной модели лежит построение инновационного процесса при помощи петель обратной связи между производством знаний, технологиями и ожиданиями рынка. Такая схема предполагает не только интеграцию деятельности внутри научно-технической среды, но и ее тесное взаимодействие с внешней системой, в данном случае рынком и потребителями. Интерактивная модель была наиболее востребована в эпоху быстрого роста отдельных инновационных компаний, фирм, таких как Google, Intel, ряда фармацевтических концернов и др. Именно на уровне отдельных современных прорывных предприятий такая схема приносит наилучшие результаты, позволяя им гибко сочетать научные исследования, маркетинг и разработку технологий. Высокая адаптивность и внедрение новых идей обеспечивают существование интерактивных корпораций в жестких условиях рыночной конкуренции. В то же время, на уровне государств интерактивная модель практически неприменима. В этом случае отчетливо преобладают «национальные парадигмы инноваций»².

¹ Юдин Б. Г. Технонаука, человек, общество // Век глобализации. – 2008. – № 2. – С. 147.

² Leydesdorf L. The Triple Helix, Quadruple Helix, ..., and an N-Tuple of Helices: Explanatory Models for Analyzing the Knowledge-Based Economy? // Journal of the Knowledge Economy. – 2012. – № 3. – P. 26.

Ключевой идеей следующей, интегрированной модели является утверждение необходимости сопряжения фундаментальных и прикладных исследований на всех этапах инновационного процесса. Данная концепция опирается в первую очередь на экономические обоснования, ее принципы отвечают требованиям интенсификации темпов производства знания, его реализации в виде технологий, продуктов и услуг, которые в свою очередь также должны быстро обновляться и заменяться новыми. В итоге цели и основания интегрированной модели «построены в ответ на вызовы современной инновационной сферы»¹. Несмотря на сугубо прагматистскую направленность, данная модель предлагает весьма ценные идеи для организации научно-технического процесса. Это, прежде всего, интеграция научно-исследовательской деятельности во все этапы инновационного процесса – от выдвижения идеи до реализации конечного продукта на рынке; параллельность основных видов деятельности, которые в линейной модели рассматривались как отдельные этапы; наличие обратной связи между фундаментальными, прикладными и маркетинговыми исследованиями. Интегрированная модель реализована в сфере рекламы, политики, управления общественным мнением, информационных технологий и других областях. Философская значимость такой концепции обусловлена тем, что в ней был представлен новый подход к пониманию развития научного знания, связи науки и технологий, осмыслению стратегий и субъектов инновационного процесса. Актуальность подобного исследования подтверждается количеством публикаций по теме структуры инновационного процесса и целым спектром моделей, предложенных в качестве альтернативы линейной модели. В то же время сама концепция имеет ряд уязвимых мест как в отношении соответствия реальности, так и с точки зрения стратегии, перспектив научно-технического развития. Фундаментальная наука как производство знаний, рассматривается здесь зачастую в прагматическом аспекте как источник

¹ Глушко Н.В. Интерактивная и интегрированная модели развития инноваций // Экономика и управление. – 2011. – № 3. – С. 201.

инновационных идей и основание успешности проектной деятельности на всех ее этапах. Долгосрочные фундаментальные исследования, не дающие очевидной практической значимости, становятся невостребованными и нефинансируемыми, поскольку знание производится не «ради знания», а с целью внедрения.

Примат экономической выгоды в инновационном процессе перед эпистемологическими, этическими, социальными ценностями приводит к тому, что научное исследование, как прикладное, так и фундаментальное, рассматривается как инструмент для реализации принципов общества потребления. Ориентация на быструю смену товаров, продуктов, технологий стимулирует постоянный высокий спрос, социальная ответственность науки, по сути, выносится за скобки, особенно если она мешает получению прибыли. Все эти аспекты задают границы применимости интерактивной модели, успешной в случае разработки и внедрения отдельных технологий, но опасной при переходе на государственный и глобальный уровни. Ее анализ показывает невозможность построения инновационного процесса без учета государственных, социальных, экологических, гуманистических аспектов.

Г. Ицкович и Л. Лейдесдорфф предложили модель организации научно-технического развития, основанную на взаимодействии академических институтов, промышленности и правительства, названную ими «тройная спираль» (The Triple Helix)¹. Основной задачей этой концепции является разработка такой схемы взаимодействия участников инновационного процесса, которая отвечала бы требованиям «экономики, основанной на знаниях, в противовес политически организованной экономике»². При этом подчеркивается несостоятельность мнения о том, что научные учреждения производят знание, а промышленность

¹ Etzkowitz H., Leydesdorff L. The Triple Helix—university—industry—government relations: a laboratory for knowledge-based economic development // EASST Review. – 1995. – № 14. – P. 14–19.

² Leydesdorff L. The Triple Helix, Quadruple Helix, ..., and an N-Tuple of Helices: Explanatory Models for Analyzing the Knowledge-Based Economy? – P. 25.

обеспечивает его внедрение. Каждая сфера в рамках тройной спирали рассматривается как производитель собственного знания. На первый план выходят инновационные комплексы, объединяющие фундаментальные, прикладные и маркетинговые исследования. Такое взаимодействие, открытость и сквозной обмен получаемыми знаниями и технологиями повышает вероятность получения новых идей.

Тройная спираль как модель инновационного процесса, показала себя жизнеспособной научно-исследовательской программой, поскольку успешно адаптировалась к быстрым изменениям в научно-технической сфере, происходившим в последние два десятилетия. Неоднократно ставился вопрос об изменении роли того или иного участника, а также о добавлении новых субъектов в модель. Так, в 2003 г. авторы представили исследование, посвященное возможности включения общества или общественного мнения в модель и преобразования тройной спирали в спираль с четырьмя ветвями (a fourth helix). Здесь возникает важная проблема, связанная с влиянием таких аспектов социальной жизни, как взаимодействие средств массовой информации и научной сферы, коммуникации науки и общества и т.д. Такое расширение модели, по мнению Лейдесдорфа, уместно для относительно замкнутых и самодостаточных в инновационном плане государств¹, однако развитие науки в условиях глобализации, интеграции научного сообщества на международном уровне посредством Интернета приводит к тому, что на первый план выходят уже не социальные аспекты внутри отдельных стран, а интернациональные факторы, требующие отдельного рассмотрения.

¹ Л. Лейдесдорф и Ю. Сан показывают успешность применения расширенной модели для описания научно-технического развития Японии до середины 90-х гг. XX в. в работе Leydesdorff L., Sun Y. National and international dimensions of the Triple Helix in Japan: university–industry–government versus international co-authorship relations // Journal of the American Society for Information Science and Technology. – 2009. – № 4. – P. 778–788.

Разработка моделей инновационного развития явилась ответом на изменения в сфере производства, внедрения технологий и управления. Как пишут Д. Денн и М. Роскино, 60–80 гг. XX в. были временем стабильного, уверенного, свободного развития во всем мире. Информационные технологии взорвали мир бизнеса и экономики, но одновременно сделали его непредсказуемым и многократно увеличили риски. На современном этапе пик отдельных инновационных продуктов прошел, на первый план выходят крупные комплексные технологические направления, больше соответствующие по величине и фундаментальности научно-исследовательским программам. Отдельные их элементы могут находиться на разных этапах цикла зрелости, поэтому необходима разработка новой модели цикла развития технологии.

5.2. Конвергентная модель инновационного процесса

Для построения современной модели взаимодействия науки и технологий необходимо учитывать не только особенности потребностей экономики, но и специфику кардинальных изменений, произошедших в сфере технологий в последнее десятилетие. Эти особенности определяются по-разному. Так, П. Форман устанавливает различие между классическим и современным соотношением науки и технологии исходя из того, что раньше существовал «примат техники перед (и над) технологиями»¹, а сейчас явно обозначившийся приоритет технологий сопровождается утратой уверенности в надежности и достоверности фундаментального знания. Сложилась ситуация, когда техническое знание демонстрирует свою состоятельность тем, что «работает», а фундаментальное, распавшись на множество парадигм и теорий разной степени подтвержденности, оставляет человека в растерянности.

Такая позиция представляется излишне утилитарной, а утверждение о том, что наука сдает позиции технологиям – поверхностным. Безусловно, характер взаимодействия фундаментальных и прикладных исследований изменился, результатом научного познания все чаще является не «чистое» знание, а технология, то есть «знание как», открывающее путь достижения какой-либо цели. Но правомерно ли говорить об утрате фундаментальности? Для ответа на этот вопрос необходимо обратиться к наиболее востребованным технологическим направлениям.

В анализе современной научно-технической сферы большое внимание уделяется возникновению и распространению приоритетных прорывных технологий, всплеск развития которых в конце XX в. привел к появлению NBIC-конвергенции, которая в настоящее время является интернациональной

¹ Forman P. The primacy of Science in modernity, of technology in postmodernity and of ideology in the history of technology // History and Technology. – 2007. – № 1/2. – P. 2.

инновационной научно-исследовательской программой, объединяющей множество как узкоспециальных, так и междисциплинарных исследований. Примечательно, что в ее названии не упоминается термин «наука», она сосредотачивается исключительно на технологиях. Также нужно понимать, что на данный момент программа конвергентных технологий не имеет списка однозначно определенных принципов, она представляет собой совокупность приоритетных направлений, в которых технологии выходят на уровень фундаментальных знаний. В итоге ряд исследователей утверждает¹, что из существующих в настоящее время именно линейная модель лучше всего подходит для описания инновационного процесса в области конвергентных технологий. Однако такое мнение представляется связанным с тем, что программа NBIC-конвергенции основывается на фундаментальном характере разрабатываемых проблем, что, в свою очередь, соответствует первичности фундаментальных знаний в линейной модели. В то же время такой подход не описывает внутренней специфики инновационного процесса в рамках конвергентных исследований, поэтому представляется актуальным создание новой, конвергентной модели научно-инновационного процесса.

Для построения такой модели необходимо учитывать ряд особенностей, прежде всего специфику распределения и трансляции знаний фундаментальных и прикладных знаний в обозначенных NBIC-программой областях. В обозначенный спектр входит одно научное направление – когнитивное. Его роль в структуре конвергентных исследований создатели программы обозначают, утверждая, что «если представители когнитивных наук смогут придумать, то нанотехнологии смогут построить, биотехнологии смогут реализовать, а специалисты в области

¹См. Bensaude-Vincent B. *Technoscience and Convergence: A Transmutation of Values?* // Summers school on Ethics of Converging Technologies. Dormotel Vogelsberg, Omrod/Alsfeld, Germany. 2008. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/35/08/04/PDF/06BBV.pdf> (дата обращения: 01.08.2014).

информационных технологий смогут контролировать и управлять»¹. Таким образом, конвергенция предполагает выход за пределы узкой схемы взаимодействия «фундаментальное – прикладное», «наука – технология – практика». Базовый, фундаментальный уровень научного познания связывается с когнитивными исследованиям, приоритет которых обусловлен исследованием важнейших проблем, связанных с пониманием работы мозга, познавательных процессов, поведения, коммуникации и т.д. Нанотехнологии, основывающиеся на идее единства мира в наномасштабе, выступают как классическое прикладное знание, позволяющее использовать понимание природы для построения искусственных объектов. Биотехнологии олицетворяют уже современное, неклассическое практическое знание, поскольку становятся условием и основанием для фундаментальных исследований в своей области, интегрируют функции не только приборов и инструментов, но и управления, мониторинга, моделирования. Информационные технологии выступают как универсальный инструмент и для фундаментальных, и для прикладных исследований, более того, они становятся метатехнологиями, используемыми на всех уровнях и этапах познания.

Меняется и цель инновационного процесса, которая понимается уже не как стимулирование спроса, покорение природы или абстрактный научно-технический прогресс. Программа NBIC-конвергенции заявила основной задачей науки и технологий улучшение качества жизни человека, повышение физического, интеллектуального и социального потенциала. Толкование этой идеи осуществляется по-разному: от создания благоприятной экологической среды, перехода к обществу знания до «реконструкции человека или, даже, создания «пост-существ»². Также необходимо учитывать различие между

¹ Roco M., Bainbridge W. Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology, and Cognitive Science. NSF/DOC-sponsored report, Arlington. – P. 13.

² Bensaude V.B. Technoscience and Convergence: A Transmutation of Values. – P. 4.

европейской и американской программами NBIC, которые по-разному понимают стратегические задачи развития конвергентных технологий. В США основоположники и флагманы конвергентных технологий видят путь их развития в преобразовании человека и усилении его возможностей. Риторика в этой области опирается на термины «реконструкция человека» (reconstruction of man) и «постчеловек» (posthuman). Европейский взгляд выражается формулировкой «конвергентные технологии для европейского общества знания»¹. Такая программа базируется на идее социального конструктивизма, совместного действия технологий и общества для улучшения качества жизни человека, причем подчеркивается, что социальные ценности имеют приоритет перед технологиями.

В целом программа NBIC-конвергенции не предполагает сведения науки к технологиям и перехода фундаментальных исследований на второй план, а подразумевает необходимость холистического исследования природы и общества без разделения на фундаментальное и прикладное, науку и технологии, поскольку они реализуют общую цель – познание ради улучшения качества жизни человека.

¹ Bensaude V.B. Technoscience and Convergence: A Transmutation of Values. – P. 4.

5.3. Развитие современного образования в контексте технологических инноваций

Развитие конвергентных технологий не только затрагивает профессиональную деятельность специалистов высокотехнологичных областей, но потенциально имеет возможность трансформировать все виды деятельности человека, начиная от бытовых операций, заканчивая коммуникативными практиками. В связи с этим становится актуальной, с одной стороны, проблема обучения разработчиков новых технологий, производителей инноваций, а с другой – проблема обучения потребителей, которые регулярно должны осваивать новые устройства, формы деятельности, способных оценивать и минимизировать риски, неизбежно связанные с внедрением технологий.

Конвергентные технологии, изначально направленные на расширение возможностей человека, уже сейчас предлагают мощный инструмент усиления интеллекта и поддержки познавательных процессов. Современное программное обеспечение, позволяющее визуализировать массивы данных и превращать их в значимую информацию, интеллектуальные поисковые системы, не просто облегчающие поиск информации во всемирной паутине, но в принципе делающие его возможным, нейрокомпьютерные интерфейсы, фармакологические и медицинские технологии, позволяющие регулировать мозговое кровообращение, питание, улучшать память и установление нейронных связей, уже сейчас расширяют возможности естественного интеллекта.

Однако очевидно, что дополнение техническими средствами само по себе не означает расширение интеллектуальных способностей человека. Наиболее актуальный для современных педагогов и родителей вопрос связан с тем, не являются ли повсеместно доступные «умные» гаджеты и другие информационные технологии угрозой для интеллекта детей, фактором когнитивной деградации, не дополнением, а замещением естественного интеллекта. Проведенный в предыдущих главах анализ позволяет нам говорить о том, что информационные технологии предоставляют человеку не только доступ к информации и

возможность ее пассивного восприятия, но и множество условий для активной сложной познавательной деятельности, осуществление которой возможно при овладении человеком соответствующими эпистемическими практиками. Как отмечают авторы «Форсайта высшей школы России – 2030», «усиление мозговых процессов бессмысленно вне освоения индивидами культурного семантического и эпистемологического инструментария мышления»¹.

Если попытаться сформулировать ключевое слово, отражающее вызов, бросаемый конвергентными технологиями современному образованию, то им, вне всякого сомнения, станет слово «изменение». Многообразие технологических инструментов и возникающих в ходе их внедрения и использования эпистемических практик требует как непрерывного самообучения человека в течение всей жизни, так и готовности к производству новых объектов и способов работы с ними. Владение эпистемическими практиками, позволяющими повышать эффективность знания, становится одним из главных факторов конкурентоспособности и профессиональной успешности человека.

Это позволяет по-новому взглянуть на проблему формирования компетенций выпускников, соответствующих требованиям современного этапа общества, определяемого как информационное, сетевое, общество знаний, общество риска и т.д. Все перечисленные концепции, хотя и имеют специфику, сходятся в понимании важности таких качеств, как гибкость и критичность в освоении разнообразной информации, способность к генерации новых знаний, готовность к деятельности в условиях быстро меняющегося динамического мира. Формирование перечисленных компетенций возможно только при реализации определенной образовательной парадигмы, в основе которой лежат фундаментальные знания о мире, освоение современных методов и принципов работы с непрерывно развивающимися технологиями и поддержание стойкого

¹ Ефимов В.С., Лаптева А.В. Форсайт высшей школы России – 2030: базовый сценарий – «Конверсия» высшей школы // Университетское управление: практика и анализ. – 2013. – №3(85). – С. 13.

интереса школьников и студентов к познавательной деятельности. Современная экономика, основанная на знаниях, требует формирования человека, свободно ориентирующегося в мире науки и технологий и способного производить новое знание.

Постиндустриальные преобразования, происходящие в обществе, направлены на переход к инновационной экономике, где основным фактором развития становятся инновации различных типов – разработка и внедрение новых продуктов, технологий их производства, усовершенствование бизнес-процессов, систем управления, развитие рынков. Одной из ключевых тенденций является когнитивизация общества, т.е. насыщение профессиональной и повседневной деятельности человека знаниями. Массовое включение людей в когнитивную деятельность происходит на разных уровнях, от бытового и «дилетантского» до высокопрофессионального, при этом «снимается характерное для индустриального мира четкое деление людей на тех, кто производит знания (профессиональных исследователей), и тех, кто знания лишь употребляет»¹. Производство знания становится ключевой компетенцией, универсальной для всех специальностей и направлений подготовки. Четкое различие между классическим образованием, ориентированным на научную работу, и специальным, ориентированным на узкопрофессиональную подготовку, размывается в связи с изменением требований, предъявляемых к выпускникам обществом и экономикой.

В то же время трансформация российской системы образования происходит в направлении снижения количества часов, выделяемых на наиболее сложные и фундаментальные дисциплины, например физику. Происходит формализация образовательной деятельности, ее целью становится не понимание сути изучаемой предметной области, а получение балла ЕГЭ. Указанные процессы коренным образом противоречат идеологии эпохи Просвещения, когда

¹ Ефимов В.С., Лаптева А.В. Форсайт высшей школы России – 2030: базовый сценарий – «Конверсия» высшей школы. – С. 6.

философами-энциклопедистами было показано, что именно научное мировоззрение, освобожденное от повседневных и религиозных предрассудков, может служить основой для прогресса человечества, причем как в научно-техническом, так и в морально-нравственном плане.

Прогнозирование развития образования в 2000-е гг. строилось на идеях интеграции и глобализации, принципах образования в течение всей жизни, развития мобильности и признания образовательных документов по всему миру. В настоящее время понятно, что эти задачи реализованы лишь отчасти, в то же время набирают силу новые тенденции в образовании. Одной из них стало появление на образовательном рынке наряду с крупными университетами новых глобальных игроков, таких как компании, ориентированные на информационно-коммуникационные технологии, которые активно продвигают идею «быстрого технологического обучения». По прогнозу Агентства стратегических инициатив (АСИ), дальнейшее развитие будет идти в сторону разделения образования. Наиболее доступным будет массовое, индивидуальное, «безлюдное» обучение (образовательный fastfood) с применением новых технологических решений, таких как персонализация образовательных траекторий, искусственный интеллект в качестве учителя, дистанционные технологии и симуляторы, информационная образовательная среда. Дорогостоящее высокоинтенсивное «живое» образование будет основано на личном взаимодействии с высококвалифицированными преподавателями и коллективной творческой работе, формировании и развитии команд, в т.ч. обучении в специальных сообществах¹. Высшее образование уже сейчас сталкивается с новыми конкурентами – международными онлайн университетами, массовыми онлайн курсами, способными дистанционно обучать недоступное классическим учебным заведениям количество студентов и выявлять наиболее талантливых и перспективных уже в школьном возрасте.

¹ Форсайт «Образование 2030» [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.slideshare.net/ASI-12/2030-14471230> (дата обращения: 28.07.2014).

Среди технологических инноваций, способных кардинально изменить как высшее, так и школьное образование, называются Интернет вещей, автоматические семантические переводчики, высокоуровневый искусственный интеллект, дешевая 3D печать, доступные биотехнологии, массовые нейроинтерфейсы и др. Интернет вещей и Интернет всего, снабдив каждую машину и каждый материальный объект собственным положением в мировом цифровом пространстве, создадут гибридную среду обучения, что откроет большие возможности для новых интерактивных методов образования. Развитие интерфейсов мозг-компьютер и создание соответствующих сетевых протоколов может стать основой когнитивной революции в обучении и нового поколения Интернета – нейронета, или Интернета 4.0.¹, который будет вовлекать в единую коммуникацию тела и сознания людей. В образовательные практики могут войти в ближайшем будущем биометрические устройства для отслеживания активности и физических показателей ученика, корректировки методов и скорости обучения и планирования индивидуальной образовательной программы.

Распространение Интернета вещей, создание доступных 3D принтеров и смарт-технологий вызывает новый этап DIY-культуры (от англ. Do It Yourself – сделай это сам), или «культы самоучки». Имея современные технологические решения, практически любой человек может самостоятельно изготавливать предметы быта, одежду и украшения, записывать музыку, создавать компьютерные программы, издавать книги или журналы. Возникнув как протест против общества потребления, урбанизации и вторжения массовых товаров и технологий в жизнь человека, DIY-культура переживает новый виток развития уже как результат технологического роста и отражает новые мировоззренческие настроения – потребность быть самостоятельными не вовне, а внутри новой технической среды.

¹ Luksha P. NeuroWeb Foresight Results vMar2014. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.slideshare.net/PavelLuksha/neuroweb-foresight-results-vmar2014-russian-version> (дата обращения: 29.07.2014).

Конвергентным технологиям придается особое значение. Помимо того что отдельные направления, входящие в их состав, способны изменить перечень необходимых компетенций, которые необходимо формировать у учеников, методы и средства обучения, сама NBIC-конвергенция рассматривается как «черный лебедь», т.е. как неожиданное событие, которое может коренным образом поменять направление развития системы образования.

Трансформация технической среды существования человека, происходящая на современном этапе научно-технического развития, неизбежно меняет требования к содержанию, методам образования и формируемым в ходе его компетенциям. Если в начале 2000-х годов учебные планы и оснащение образовательных учреждений были призваны обеспечить информатизацию образования, внедрение компьютерных технологий во все уровни и этапы учебной деятельности, то в настоящее время становится понятной необходимость более глубокого осознания сути самих технологических инноваций и поиска оптимальных вариантов их включения в образовательную деятельность.

Изменения в образовательной практике должны отвечать преобразованиям той среды, в которой будут работать ученики. Так, в опубликованном в 2014 году Атласе новых профессий, разработанном Агентством стратегических инициатив и Московской школой управления «Сколково»¹, отмечается, что в ближайшие 15–20 лет возникновение и массовое внедрение новых технологий приведет к исчезновению ряда традиционных профессий и возникновению потребностей в профессионалах, обладающих специфическими современными компетенциями, знаниями, умениями и навыками. Такие профессии, как инженер живых систем, молекулярный диетолог, проектировщик «умной» среды, сетевой юрист или тренер по майнд-фитнесу ставят перед образованием задачи поиска новых принципов и способов обучения, которые бы позволили сформировать

¹ Атлас новых профессий. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.skolkovo.ru/public/media/documents/research/sedec/SKOLKOVO_SEDeC_Atlas.pdf (дата обращения: 25.05.2014).

специалиста, одинаково уверенно чувствующего себя в реальном коммуникативном пространстве, виртуальном мире сетевых технологий и при работе с материальными физическими объектами, живыми и неживыми, естественными и искусственными.

Один из теоретиков современной промышленной революции Крис Андерсен обращает внимание на трансформацию объектов, используемых в образовательном процессе. Если еще в 70–80-е гг. XX в. школьники учились основам производственных технологий, конструирования простых материальных предметов, работали с реальными химическими реактивами, то в начале XXI в. материальные объекты стали заменяться виртуальными, а «рабочие инструменты заменились клавиатурами и экранами»¹. В результате этого, отмечает он, сформировалось поколение, не способное самостоятельно что-то сконструировать или отремонтировать, что привело к серьезным экономическим последствиям, проявившимся в нарастающей зависимости развитых экономик от территорий, в которые когда-то было вынесено реальное производство и которые уже давно перестали быть «развивающимися странами». В качестве варианта решения этой проблемы он предлагает введение в учебные планы дизайнерских дисциплин, которые позволили бы, используя информационные технологии и современный производственный инструментарий, например 3D-принтеры, возродить культуру работы с материальными объектами. Таким образом, цель нового образования, соответствующего вызовам промышленной революции, состоит в формировании поколения «производителей» (Makers), людей, способных самостоятельно создавать хотя бы повседневные объекты.

В связи с этим, основная задача состоит в поиске системного подхода к обучению на трех уровнях, а именно физическом (материальном), виртуальном (информационном) и коммуникативном. Для ее достижения необходимо формирование обучающей среды, интегрирующей в образовательной деятельности все перечисленные уровни. Классическая классно-урочная система

¹ Anderson C. Makers: The New Industrial Revolution. Crown Business, 2012. – P. 55.

должна быть дополнена гибридной образовательной средой, способной реализовать деятельностный, социальный, коммуникативный характер обучения.

Понятие образовательной среды является одним из наиболее обсуждаемых в контексте развития современного образования. Гибридизация образовательной среды приводит к тому, что она становится физической и цифровой средой, включающей в себя инструменты, документы и другие артефакты, в которой учащиеся осуществляют свою деятельность. Помимо физических и цифровых компонентов она включает в себя социокультурные условия для учебной деятельности.

Информатизация задает направление перехода к образованию постиндустриального типа, которое имеет проектный характер, ориентировано на формирование новых компетенций с использованием современных методик обучения. Происходит смена парадигмы со знаниевой и предметоцентристской на компетентностную, практико-ориентированную и субъектоцентристскую. Учебник и учитель теряют позиции главных источников знаний, информация, количество которой все быстрее растет, а содержание обновляется, представляется в мультимедийных интерактивных формах; на смену классическим библиотекам приходят базы знаний в медиа-форматах.

В таких условиях ученик или студент уже не могут быть пассивными участниками образовательного процесса, и даже факт получения диплома не гарантирует трудоустройства, если необходимые работодателю компетенции не сформированы на требуемом уровне. Модель образования 24/7, где стирается грань между аудиторной и самостоятельной работой, предполагает непрерывную доступность направляющего тьютора, через интерактивные образовательные ресурсы, а в перспективе – обучающие системы искусственного интеллекта. Массовые открытые онлайн курсы – это обучение в режиме конкуренции, где только целенаправленность и самостоятельная активность ученика определяет эффективность и результативность процесса.

Противопоставляемое массовому, дистанционному и технологичному обучению командное живое образование рассматривается как элитарное не

только в силу своей дороговизны, но и потому что позволяет сформировать уникальные компетенции коллективной творческой деятельности, позволяющие создавать и развивать собственные проекты и стартапы. Потенциал студенческого сообщества крайне велик, но явно недостаточно реализован в современной образовательной системе. Студенческое сообщество можно рассматривать как самообучающуюся систему, которая способна генерировать новые идеи, знания, технологии и другие инновации, однако это возможно только при более открытом партнерском взаимодействии со студенческими коллективами. Роль преподавателя при таком подходе состоит в организации творческой работы команд для решения реальных задач. Многие специалисты в области прогнозирования развития образования указывают на трансформацию профессии учителя и структуры преподавательской деятельности.

В условиях экономики, основанной на знаниях, университеты становятся не только полноправными участниками экономической деятельности, но и факторами роста, драйверами инновационного развития. Меняется их роль в обществе и экономике, а также структура деятельности, цели и задачи самих вузов. Смена технологической парадигмы, NBIC-конвергенция, формирование единого международного образовательного пространства и возникновение транснациональных образовательных корпораций требуют от современных вузов готовности к активным преобразованиям. В рамках технонаучной парадигмы университеты рассматриваются как лаборатории когнитивного, технологического и социального проектирования.

Происходящая промышленная революция и переход к шестому технологическому укладу предполагают построение нового типа индустрии, подразумевающей кардинальные изменения профессионального, и, в первую очередь, высшего образования. Постиндустриальный переход, наступление которого связывается в первую очередь с развитием конвергентных технологий, предполагает уже не вытеснение промышленности сферой услуг, торговли, как это было на предыдущем этапе экономического развития, а изменение устройства самого промышленного производства. Отличительными особенностями этой

«другой индустрии» являются распределенное производство, рост интеллектуальной составляющей в составе стоимости продукции и превращение инноваций в ключевой фактор конкурентоспособности предприятий¹. Для «другой индустрии» требуется другое инженерное образование – более компактное (по масштабам выпуска инженеров), четко ориентированное на потребности формирующихся индустриальных кластеров, обновленное по содержанию, т.е. включающее современные подходы и способы инженерной деятельности.

Образование индустриальной эпохи было направлено на выпуск специалиста, т.е. человека, способного эффективно работать в рамках стандартной должности с фиксированным набором обязанностей, причем это было справедливо как для тех, кто был занят на производстве, так и для представителей других областей, таких как медицина, образование, торговля и т.д., где также существовала строгая специализация. Производственные компании постиндустриального формата деятельности предполагают совершенно иной тип образованных людей по сравнению с инженерными специалистами индустриальной эпохи. Им необходимы работники, способные «ставить задачи в рамках сложной деятельности проектирования, развертывания и сворачивания производств, которая включает анализ рынков, анализ возможностей, создаваемых новыми технологиями, поиск кредитных или инвестиционных ресурсов, разработку продукции и соответствующих производственных процессов, выстраивание сетей сбыта, анализ всей системы и улучшение отдельных звеньев или связей между ними»². На первый план при оценке такого специалиста выходит его аккумулированный профессионально-образовательный опыт, способность не столько применять полученные знания, сколько создавать

¹ Ефимов В.С., Лаптева А.В. Форсайт высшей школы России – 2030: базовый сценарий – «Конверсия» высшей школы. – С. 3 – 4.

² Там же. – С. 4.

новые знания за счет мышления и коммуникации и действовать в соответствии с ними.

Традиционное понимание технических и гуманитарных специальностей меняется под воздействием трансформации среды и структуры профессиональной деятельности. На постиндустриальном этапе происходит смещение инженерной деятельности и инженерного мышления (с их базовыми элементами – изобретательством, конструированием и проектированием) из области технической инженерии (создание и эксплуатация машин, механизмов, зданий и сооружений и т.д.) в область экономического, финансового, социального, культурного, антропологического конструирования, работы с информацией и знаниями. Работа специалистов-гуманитариев также усложняется по своей структуре, традиционные виды и методы деятельности сочетаются с новыми, проективным, конструктивными и системно-преобразующими. Отсутствие подготовки специалистов в области социального или культурного проектирования в настоящее время компенсируется навыками, получаемыми соответствующими работниками в результате неинституционального образования и накопленного опыта работы.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод о том, что размываются границы не только между наукой и технологией, но и между естественнонаучными, техническим и гуманитарным знанием, компоненты которого интегрируются в единый процесс социотехнического проектирования.

Заключение

Подводя итог проведенному исследованию, мы можем сделать вывод о том, что сфера конвергентных технологий в настоящее время является областью, в которой разрабатываются и внедряются разнообразные приемы и методы работы со знанием, предназначенные как для их использования человеком, так и для машинной обработки информации. Наиболее значимой для эпистемологического анализа является общая направленность таких приемов на повышение эффективности исходного знания, будь то превращение данных, всегда воспринимавшихся как шум, в значимую информацию, или обратная реконструкция знания из технического объекта, созданного на его основе.

Неоднородность технического знания в целом и гетерогенность конвергентных технологий в частности, обуславливает выбор технонаучного подхода для анализа эпистемологических аспектов исследуемой области. Конвергентные технологии в этом случае могут быть рассмотрены как области развития технического знания, являющиеся определяющими для продвижения остальных технологических направлений и отличающиеся взаимосвязанным и взаимоусиливающим развитием.

Методологической основой исследования стало введение понятия эпистемической практики, то есть таких методов и приемов работы с техническими объектами, результатом применения которых является повышение эффективности технического знания, реализованного в этих объектах. В первой главе выявлены и проанализированы универсальные эпистемические практики, такие как обратная реконструкция знания и циклическая верификация, а во 2, 3 и 4 главах рассмотрены эпистемические практики, возникающие в области нанотехнологий, наук о жизни, показана трансляция эпистемических практик из области информационных технологий в сферу социальных, высоких гуманитарных и биологических технологий. Сделан вывод о том, что наряду с материальными

системами полноправным объектом конвергентных технологий становятся знание и процессы его переработки, что определяет фундаментальный статус когнитивных исследований на современном этапе технологического развития.

Для реализации системного подхода к анализу NBIC-конвергенции предложены три аспекта ее рассмотрения: философско-эпистемологическое исследование специфики современного технического знания, конкретно-научное содержание программ и направлений развития конвергентных технологий и выявление социально-гуманитарных составляющих NBIC-программ. Эпистемологический анализ позволил установить, что современное техническое знание выступает как многоуровневое, включающее в себя ряд форм, к которым относят дескриптивное, предписывающее (нормативное) и неявное знание, а в его основе лежит фундаментальная онтологическая связь между строением и функционированием объекта. В рамках конвергентного развития происходит переход от приоритета техники к технологии, направленной, уже не только на преобразование природы, но и на изменение самого человека. Конвергентные технологии, основным объектом которых является человек, а стратегической целью – улучшение качества его жизни, позволяют говорить об антропологическом повороте в техническом познании.

Программа конвергенции не предполагает сведения науки к технологиям и перехода фундаментальных исследований на второй план, а подразумевает необходимость холистического исследования природы и общества без разделения на фундаментальное и прикладное, науку и технологии, поскольку они преследуют общую цель – познание ради улучшения качества жизни человека. Формируется конвергентная модель инноваций, в которой на основе фундаментальных когнитивных исследований реализуются классические и неклассические прикладные проекты в области нано- и биотехнологий, а информационные технологии рассматриваются как универсальный инструмент, используемый на всех уровнях познания.

В основе каждого из направлений NBIC лежит инструментальная революция, связанная с созданием вычислительных машин (информационные

технологии), разработкой методов работы с наноразмерными системами (нанотехнологии), освоением технологий рекомбинантной ДНК (биотехнологии), внедрением магнитно-резонансной томографии (когнитивная наука).

Анализ нанотехнологий показал, что их эпистемологическими основаниями выступают принцип единства мира в наномасштабе, понимаемый как потенциальная возможность конструирования макрообъектов с заданными свойствами их наноструктур; активистский подход, направленный на совершенствование природных объектов вплоть до человека, а также принципы редукционизма и конструктивизма. В результате исследования роли биотехнологий в структуре NBIC-конвергенции выявлено, что термин «биотехнология» в широком смысле традиционно понимался как способ воздействия на живые организмы для решения целей человека. На современном этапе биотехнология становится техной, в которой фундаментальные знания биологических процессов и систем неотделимы от прикладных исследований, они представляют собой современное неклассическое практическое знание, поскольку становятся условием и основанием для фундаментальных исследований в своей области, интегрируют функции не только приборов и инструментов, но и управления, мониторинга, моделирования.

Современный этап развития информационных технологий связан с созданием глобальных промышленных сетей (концепция четвертой промышленной революции); развитием Интернета вещей как среды взаимодействия искусственных устройств; проектом разумного окружения как способной к самостоятельному автономному существованию искусственной среды. Социокультурные преобразования, вызываемые развитием современных информационных технологий, связаны, прежде всего, с изменением границы между приватным и публичным в сторону все большей открытости человека, информация о повседневных действиях которого фиксируется технологиями и становится общедоступной. Программы NBIC-конвергенции базируются на концепции социального конструктивизма, т.е. идее совместного действия технологий и общества для улучшения качества жизни человека, причем

подчеркивается, что социальные ценности имеют приоритет перед технологиями. На основании этого представляется оправданным включение в перечень конвергентных технологий социальных и высоких гуманитарных технологий и расширение программы NBIC-конвергенции до NBICS-конвергенции.

Социальные технологии нового поколения определены в работе как базирующиеся на сетевых принципах методы анализа социального поведения и взаимодействия людей, а также использования выявленных закономерностей для получения социально значимых результатов. К основным направлениям социальных технологий отнесены социальная аналитика как технология мониторинга, анализа, измерения и интерпретации цифровых связей и отношений людей, тем, идей и содержания, позволяющая выявлять социальные связи в коллективах и распределенных сообществах; социальные вычисления как технологии, поддерживающие сбор, представление, обработку, использование и передачу информации, которая распространяется в социальных группах и используется для принятия решений, прогнозирования и планирования; социальные медиа как новый вид коммуникации, основанный на использовании различных интернет-приложений, или сервисов Web 2.0, которые позволяют пользователям создавать контент и взаимодействовать друг с другом, позволяющий любому человеку стать источником и распространителем новостей, кардинально изменивший современное медийное пространство; социальные сети, как технологии, обеспечивающие установление и обмен личными связями использующих их субъектов; показано, что социальные сети не просто меняют привычные формы коммуникации, а вызывают глобальные эпистемологические и онтологические трансформации: «эпидемию контента» и децентрализацию информационного пространства, замену сайтов приложениями, формирование т.н. «длинных хвостов» и «производной контента» – комментариев, перепостов и т.д.; Human Computation как технологии организации машинных вычислений с привлечением человека, представляющей собой основу гибридного человеко-машинного искусственного интеллекта.

В целом, развитие технологий, детерминируя преобразование среды повседневной и профессиональной деятельности, а также жизненного мира человека, системным образом трансформирует способы деятельности человека, меняет структуру коммуникации, формирует новую образовательную среду, при этом общим признаком этих изменений является когнитивизация общества, т.е. насыщение профессиональной и повседневной деятельности человека знаниями.

Несомненно, феномен конвергенции стал значимым объектом для философских исследований. Постановка в рамках NBIC-программ онтологических, эпистемологических, ценностных, социокультурных проблем привела не только к своеобразному ренессансу философии техники, но и к новому этапу обсуждения сущности знания, природы человека, будущего человечества, общества и культуры. Перспективы дальнейших исследований конвергентных технологий определяются необходимостью широкого гуманитарного анализа и социальной оценки последствий разработки новых технологий и их внедрения практически во все сферы жизни человека. Изменения телесности, когнитивной деятельности, характера социальных связей, вызываемые технологическим развитием, требуют детального рассмотрения, в том числе с учетом накопленного в философских направлениях опыта осмысления проблемы человека. Тем самым дальнейшее рассмотрение темы может способствовать не только развитию философских исследований техники, но и более гармоничному взаимодействию человека с новыми технологиями.

Список литературы

1. Агеев В.Н. Семиотика. – М.: Издательство «Весь Мир», 2002. – 256 с.
2. Айер А.Д. Язык, истина и логика // Логос. – 2006. – № 1 (52). – С. 61–72.
3. Акаев А., Рудской А. Синергетический эффект NBIC-технологий и мировой экономический рост в первой половине XXI в. // Экономическая политика. – 2004. – № 2. – С. 25–46.
4. Алексеева И.Ю., Аршинов В.И., Чеклецов В.В. «Технолюди» против «постлюдей»: НБИКС-революция и будущее человека // Вопросы философии. – 2013. – № 3. – С. 12–21.
5. Алексеева И.Ю., Петрунин Ю.Ю., Савельев А.В. Влияние концептуальной базы конструктивной методологии на результат в нейроинформационных технологиях и искусственном интеллекте // Искусственный интеллект: философия, методология, инновации. Материалы Первой Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Москва, МИРЭА, 6–8 апреля 2006 г. / Под ред. Д.И. Дубровского и Е.А. Никитиной – М.: ИИнтелЛ, 2006. – С. 3–6.
6. Андреев А.Л. Технонаука // Философия науки. – 2011. – № 16. – С. 200–218.
7. Анохин К.В. Коды вавилонской библиотеки мозга // В мире науки. – 2013. – № 5. – С. 83–89.
8. Аристотель. Сочинения. В 4-х т. – М.: Мысль, 1981.
9. Артюшина А.В. Социология науки и техники (STS): сетевой узел как трансформация лабораторной жизни // СОЦИС. – 2012. – № 11. – С. 36.
10. Аршинов В.И. Конвергентные технологии в контексте парадигмы сложности // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2015. – №3. – С. 42–54.
11. Аршинов В.И. Конвергентные технологии (НБИКС) и трангуманистические преобразования в контексте парадигмы сложности // Глобальное будущее 2045. Конвергентные технологии (НБИКС) и

трансгуманистическая эволюция. Под ред. проф. Д.И. Дубровского. – М.: ООО «Издательство МБА», 2013. – С. 94–106.

12. Аршинов В.И., Лебедев М.В. Философские проблемы развития и применения нанотехнологий // Философские науки. – 2008. – №. 1. – С. 58–79.

13. Атлас новых профессий. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.skolkovo.ru/public/media/documents/research/sedec/SKOLKOVO_SEDeC_Atlas.pdf (дата обращения: 25.05.2014).

14. Баксанский О.Е., Кучер Е.Н. Когнитивные науки: от познания к действию. – М.: КомКнига, 2005. – 184 с.

15. Баксанский О.Е., Кучер Е.Н. Современный когнитивный подход к категории «образ мира» // Вопросы философии. – 2002. – № 8. – С. 52–69.

16. Барабанщиков В.А. Субъект и объект восприятия // Эпистемология и философия науки. – 2006. – Т. VII. – № 1. – С. 57–72.

17. Барышников П.Н. Философия IT, high-hume и... мифология / П.Н. Барышников // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. – 2012. – № 3. – С. 15–23.

18. Бек У. От индустриального общества к обществу риска / Перевод к.ф.н. А.Д. Ковалева // THESIS. – 1994. – Вып. 5. – С. 161–168.

19. Белая книга по нанотехнологиям: Исследования в области наночастиц, наноструктур и нанокомпозитов в Российской Федерации (по материалам Первого Всероссийского совещания ученых, инженеров и производителей в области нанотехнологий). – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 344 с.

20. Бойко Е.И. Моделирование функций мозга и вычислительная нейродинамика // Кибернетика. Мышление. Жизнь / Под ред. А.И. Берга и др. – М.: Мысль, 1964. – С. 280–308.

21. Бостром Н. Угрозы существованию: Анализ сценариев человеческого вымирания и других подобных опасностей / Перевод А.В. Турчина // Глобальные риски. Сборник статей / Под редакцией А.В. Турчина. Препринт. – М., 2011. – С. 54–93.

22. Брайнес С.Н. и др. Нейрокибернетика. – М.: Госуд. изд-во медицинской лит-ры, 1962. – 172 с.
23. Вартофский М. Модели. Репрезентация и научное понимание / Пер. с англ. / Общ. ред. и послесл. И.Б. Новика, В.Н. Садовского. – М.: Прогресс, 1988. – 506 с.
24. Веблен Т. Теория праздного класса / Под ред. В.В. Мотылева. М.: Прогресс, 1984. – 367 с.
25. Вейценбаум Д. Возможности вычислительных машин и человеческий разум. От суждений к вычислениям / Пер. с англ.; Под ред. А.Л. Горелика. – М.: Радио и связь, 1982. – 368 с.
26. Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине / Пер. с англ. И.В. Соловьева и Г.Н. Поварова; Под ред. Г.Н. Поварова. – М.: Наука, 1983. – 340 с.
27. Винер Н. Наука и общество // Вопросы философии. – 1961. – № 7. – С.117–122.
28. Витгенштейн Л. Логико-философский трактат / Людвиг Витгенштейн; пер с нем. Л. Добровольской. – М.: АСТ: Астрель, 2010. – 177 с.
29. Влияние Интернета на сознание и структуру знания. – М.: ИФ РАН, 2004. – 239 с.
30. Вопросы кибернетики. Проблемы моделирования искусственного интеллекта / Под ред. Г.С. Пospelова. – М.: Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика» АН СССР, 1980. – 168 с.
31. Ворожцов А.В. Путь в современную информатику / А.В. Ворожцов. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 140 с.
32. Воронов А.В. О некоторых аспектах и основах подхода к интеллектуальным системам: состояние, применение и перспективы развития // Философия искусственного интеллекта. Материалы всероссийской междисциплинарной конференции, г. М., МИЭМ, 17–19 января 2005 г. – М.: ИФ РАН, 2005. – С. 330–333.
33. Воронов В.К., Подоплелов А.В. Современная физика. – М.: КомКнига,

2005. – 512 с.

34. Гиряева В.Н. Принцип предусмотрительности и регламент reach в регулировании нанотехнологий. Реферативный обзор. [Электронный ресурс]. Режим доступа http://nbic-convergence.narod.ru/older_files/1/Giryayeva_Reglament_REACH.pdf (дата обращения: 23.07.2014).

35. Глик Д. Информация. История. Теория. Поток / Джеймс Глик; пер. с английского М. Кононенко. — Москва: АСТ: CORPUS, 2013. — 576 с.

36. Глинский Б.А. и др. Моделирование как метод научного исследования (гносеологический анализ). — М.: Изд-во Московского университета, 1965. — 248 с.

37. Глобальные риски. Сборник статей / Под редакцией А.В. Турчина. Препринт. — М. 2011. — 624 с.

38. Глобальный доклад о будущем образования. Результаты работы по Форсайту образования 2030. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://do.fibo.pro/pluginfile.php/1061/mod_resource/content/1/d.peskov_16.07.13_globalreport_education2030.pdf (дата обращения 29.08.2014).

39. Глушак Н.В. Интерактивная и интегрированная модели развития инноваций // Экономика и управление. — 2011. — № 3. — С. 200–204.

40. Глушков В.М. Введение в кибернетику / АН УССР, Науч. совет по кибернетике. — Киев: Издательство Академии наук УССР, 1964. — 324 с.

41. Глушко Н.В. Интерактивная и интегрированная модели развития инноваций // Экономика и управление. — 2011. — № 3. — С. 200 – 204.

42. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. — 2-е изд., испр. — М.: Наука, 1987. — 552 с.

43. Глушков В.М. Человек и вычислительная техника / В.М. Глушков, В.И. Брановицкий, А.М. Довгялло и др. Редактор В.М. Глушков. — Киев: Наукова думка, 1971. — 294 с.

44. Горохов В.Г. Нанотехнология — новая парадигма научно-технической мысли // Высшее образование сегодня, 2008. — № 5. — С. 36–41.

45. Горохов В.Г. Понятие «технология» в философии техники и особенности социально-гуманитарных технологий // Эпистемология и философия

науки. – 2011. – № 2. – С. 110–123.

46. Горохов В.Г. Технические науки: история и теория // Сайт Российской академии наук, «Ученые РАН о науке», 02.11.2012. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://iph.ras.ru/uplfile/devel/gorokhov/ran_02_11_2012.pdf (дата обращения: 28.06.2013).

47. Горохов В.Г. Трансформация понятия «машина» в нанотехнологии // Вопросы философии. – 2009. – № 9. – С. 97–115.

48. Горохов В.Г. Философия техники и технических наук // Современные философские проблемы естественных, технических и социально-гуманитарных наук / Под общ. ред. В.В. Миронова. – М.: Гардарики, 2006. – 639 с.

49. Гурина Р.В., Соколова Е.Е. Фреймовое представление знаний: Монография. – М.: Народное образование; НИИ школьных технологий, 2005. – 176 с.

50. Гэлбрейт Д. Новое индустриальное общество: Пер. с англ. / Дж. Гэлбрейт. — М.: ООО «Издательство АСТ»; ООО «Транзиткнига»; СПб.: Terra Fantastica, 2004. — 602 с.

51. Делягин М.Г. Глобализация: влияние нового уровня открытости на международную конкуренцию и общественные отношения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pseudology.org/information/HighHume.htm> (дата обращения: 11.10.2015).

52. Джорж Ф. Мозг как вычислительная машина: Пер. с англ. Ю.И. Лашкевича и Э.Н. Трифонова / Под ред. и с предисл. П.К. Анохина. – М.: Издательство иностранной литературы, 1963. – 528 с.

53. Дроздов С., Золотарев С. EurotEch, «Интернет вещей» и «облако устройств» // Control Engineering. – 2012. – № 8. – С. 18–24.

54. Дубровский Д. И. Проблема духа и тела: Возможности решения // Вопросы философии. – 2002. – № 10. – С. 92–107.

55. Дубровский Д.И. Информация, сознание, мозг. – М.: Высшая школа, 1980. – 286 с.

56. Дубровский Д.И. Искусственный интеллект и проблема сознания //

Философия искусственного интеллекта. Материалы всероссийской междисциплинарной конференции, г. М., МИЭМ, 17–19 января 2005г. – М.: ИФ РАН, 2005. – С. 26–31.

57. Ефимов В.С., Лаптева А.В. Форсайт высшей школы России – 2030: базовый сценарий – «Конверсия» высшей школы // Университетское управление: практика и анализ. – 2013. – №3(85). – С. 6–21.

58. Ефременко Д. В., Гиряева В. Н., Евсеева Я. В. NBIC-конвергенция как проблема социально-гуманитарного знания // Эпистемология и философия науки. – 2012. – № 4. – С. 112–129.

59. Жданов Г.Б. Информация и сознание // Вопросы философии – 2000. – № 11. – С. 97–104.

60. Жукова Е.А. Человек в плену у hi-hume // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2007. – № 11. – С. 29 – 35.

61. Зинченко В.П. Функциональная структура зрительной памяти / В.П. Зинченко, Б. М. Величковский, Г. Г. Вутечич. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 271 с.

62. Иваницкий А.М. Физиологические основы сознания и проблема искусственного интеллекта. // Искусственный интеллект: междисциплинарный подход / Под ред. Д.И. Дубровского и В.А. Лекторского. – М.: ИИнтелЛ, 2006. – С. 90–99.

63. Иванов Б.И. Становление и развитие технических наук / Б.И. Иванов, В.В. Чешев. – Л.: Наука, 1977. – 263 с.

64. Искусственный интеллект: междисциплинарный подход / Под ред. Д.И. Дубровского и В.А. Лекторского. – М.: ИИнтелЛ, 2006. – 448 с.

65. Искусственный интеллект: философия, методология, инновации. Материалы Первой Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Москва, МИРЭА, 6–8 апреля 2006 г. / Под ред. Д.И. Дубровского и Е.А. Никитиной. – М.: ИИнтелЛ, 2006. – 440 с.

66. Кандрашина Е.Ю., Литвинцева Л.В., Поспелов Д.А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах / Под ред.

Д.А. Поспелова. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 328 с.

67. Капп Э. Антропологический критерий. Органическая проекция // Роль орудия в развитии человека. Л., 1925. – С. 21–41.

68. Капп Э. Первые орудия // Роль орудия в развитии человека. Л., 1925. – С. 96–105.

69. Капп Э., Кунов Г., Нуаре Л., Эспинас А. Роль орудия в развитии человека. – Л., 1925. – 168 с.

70. Касавин И.Т. Социальные технологии. Теоретические концептуализации и примеры // Общественные науки и современность. – 2012. – № 6. – С. 100–111.

71. Кезин А.В. Эволюционная эпистемология // Словарь философских терминов / Научная редакция профессора В.Г. Кузнецова. – М.: ИНФРА-М, 2004. – XVI. – С. 682–683.

72. Келле В.Ж. От производства знаний к производству технологий // Человек. Наука. Цивилизация. К семидесятилетию академика В.С. Степина. – М.: Канон +, 2004. – С. 302–313.

73. Кибернетика. Мышление. Жизнь. / Под ред. А.И. Берга и др. – М.: Мысль, 1964. – 511 с.

74. Ковальчук М.В. Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее // Российские нанотехнологии. – 2011. – № 1–2. – С. 13–23.

75. Ковальчук М.В. Наука и жизнь: моя конвергенция. Том 1. Автобиографические наброски. Научно-популярные и концептуальные статьи. — ИКЦ Академкнига Москва, 2011. – 222 с.

76. Когнитивная психология / Х. Гейвин. – СПб.: Питер, 2003. – 272 с.

77. Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа http://www.economy.gov.ru/minec/activity/sections/innovations/development/doc20120427_06 (дата обращения: 15.08.2012).

78. Компьютеры и познание: Очерки по когнитологии: Сборник научных трудов / АН СССР; [Редакторы-составители: Б.М. Величковский, А.И. Зеличенко]. – М.: Наука, 1990. – 125 с.

79. Кочергин А.Н. Искусственный интеллект и мышление // Философия искусственного интеллекта. Материалы всероссийской междисциплинарной конференции, г. М., МИЭМ, 17–19 января 2005г. – М.: ИФ РАН, 2005. – С. 37–39.

80. Кочергин А.Н. Моделирование мышления. – М.: Политиздат, 1969. – 224 с.

81. Краненбург Р. ван. Форум «Интернета вещей» и его проблемы в Бразилии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://internetofthings.ru/gosudarstvo/29-rob-van-kranenburg-forum-interneta-veshchej-i-ego-problemy-v-brazilii> (дата обращения: 19.07.2015).

82. Кругликов Р.И. Нейрохимические механизмы обучения и памяти / АН СССР, Ин-т высшей нерв. деят-сти и нейрофизиологии. – М.: Наука, 1981. – 211 с.

83. Кругликов Р.И. Принцип детерминизма и деятельность мозга / Ответственный редактор Г.Х. Шингаров; Науч. совет по физиологии нерв. системы, Ин-т высшей нерв. деятельности и нейрофизиологии. – М.: Наука, 1988. – 221 с.

84. Латур Б. Дайте мне лабораторию, и я переверну мир // Логос. – 2002. – № 5–6.

85. Латур Б. Нового времени не было. Эссе по симметричной антропологии / Пер. с фр. Д.Я. Калугина; Научн. ред. О.В. Хархордин. – СПб.: Изд-во Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2006.

86. ЛЕЙБНИЦ Г.В. СОЧИНЕНИЯ В ЧЕТЫРЕХ ТОМАХ: Т. 3 / РЕД. И СОСТ., АВТ. ВСТУПИТ, СТАТЕЙ И ПРИМЕЧ.: Г. Г. МАЙОРОВ И А. Л. СУББОТИН; ПЕРЕВОД Я. М. БОРОВСКОГО И ДР. — М.: МЫСЛЬ, 1984. – 734 С.

87. Лекторский В.А. Философия, искусственный интеллект и когнитивная наука // Искусственный интеллект: междисциплинарный подход / Под ред. Д.И. Дубровского и В.А. Лекторского. – М.: ИИнтелЛ, 2006. – С. 12–21.

88. Лекторский В.А. Эпистемология классическая и неклассическая. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 256 с.

89. Ленк Х. Размышления о современной технике. Перевод на русский язык: В. Г. Горохов. – М.: 1996. // Центр гуманитарных технологий. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gtmarket.ru/laboratory/basis/6037> (дата обращения: 15.03.2013).

90. Леонтьев А.Н., Кринчик Е.П. Некоторые особенности процесса переработки информации человеком // Кибернетика. Мышление. Жизнь. / Под ред. А.И. Берга и др. – М.: Мысль, 1964. – С. 227–241.

91. Лиотар Ж.-Ф. Состояние постмодерна / Пер. с фр. Н.А. Шматко – М.: Институт экспериментальной социологии; Спб.: Алетейя, 1998. – 160 с.

92. Лоренц К. Обратная сторона зеркала: Пер. с нем. / Под ред. А.В. Гладкого; Сост. А.В. Гладкого, А.И. Федорова; Послесловие А.И. Федорова. – М.: Республика, 1998. – 393 с.

93. Лорьер Ж.-Л. Системы искусственного интеллекта / Пер. с франц. – М.: Мир, 1991. – 568 с.

94. Люгер Д.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Пер. с англ.; 4-е изд. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2003. – 864 с.

95. Майнцер К. Сложносистемное мышление: Материя, разум, человечество. Новый синтез. / Пер. с англ.; Под ред. и с предисл. Г.Г. Малинецкого. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 494 с.

96. Макаров В.Л. Получение нового знания методом компьютерного моделирования // Искусственный интеллект: междисциплинарный подход / Под ред. Д.И. Дубровского и В.А. Лекторского. – М.: ИИнтелЛ, 2006. – С. 5–11.

97. Мак-Каллок У., Питс У. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности // Автоматы. – М.: ИЛ, 1956. – С. 362–384.

98. Маркова Л.А. Артефакт – законы природы, артефакт – законы мышления // Эпистемология и философия науки. – 2011. – № 2. – С. 70 – 71.

99. Марш П. Новая промышленная революция: потребители, глобализация и конец массового производства. / пер. с англ. А. Шоломицкой. – М.: Издательство

Института Гайдара. – 420 с.

100. Медведев Д.А., Прайд В. Феномен NBIC-конвергенции: Реальность и ожидания // Философские науки, 2008. – № 1 – С. 97–117.

101. Меркулов И.П. Искусственный интеллект // Философия: Энциклопедический словарь / Под ред. А. А. Ивина. – М.: Гардарики, 2004. – С. 333–334.

102. Меркулов И.П. Когнитивная эволюция. – М.: «Российская политическая энциклопедия» (РОСПЭН), 1999. – 310 с.

103. Меркулов И.П. Современная эпистемология: синтез информационных и эволюционных представлений // Философия искусственного интеллекта. Материалы всероссийской междисциплинарной конференции, г. М., МИЭМ, 17–19 января 2005 г. – М.: ИФ РАН, 2005. – С. 304–307.

104. Меркулов И.П. Эпистемология (когнитивно-эволюционный подход). Т.1. – СПб: РХГИ, 2003. – 472 с.

105. Методы представления знаний в информационных технологиях: Сб. научн. тр. / АН УССР. Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова, Научный совет АН УССР по пробл. «Кибернетика»; Редкол.: Андон Ф.И., Ющенко Е.Л. (отв. ред.) и др. – Киев: ИК, 1991. – 114 с.

106. Микешина Л.А. Философия науки: Современная эпистемология. Научное знание в динамике культуры. Методология научного исследования: учеб. пособие / Л. А. Микешина. – М.: Прогресс – Традиция: МИСИ: Флинта, 2005. – 464 с.

107. Микешина Л.А. Философия познания. Полемические главы. – М.: Прогресс-Традиция, 2002. – 624 с.

108. Микешина Л.А., Опенков М.Ю. Новые образы познания и реальности. – М.: «Российская политическая энциклопедия» (РОСПЭН), 1997. – 240 с.

109. Минский М. Фреймы для представления знаний / Пер. с англ. – М.: Энергия, 1979. – 152 с.

110. Мэмфорд Л. Миф машины. // Утопия и утопическое мышление: Антология зарубежной литературы / Пер. с англ., нем., фр. и др. яз. – М.:

Прогресс, 1991. – С. 79–97.

111. Мэмфорд Л. Техника и природа человека. // Новая технократическая волна на Западе: Сб. ст. – М.: Прогресс, 1986. – С. 225–239.

112. Наука глазами гуманитария / отв. ред. В.А. Лекторский. – М.: Прогресс – традиция, 2005. – 688 с.

113. Наука по-американски: Очерки истории / Пер. с английского; предисл. Д. Александрова. – М.: Новое литературное обозрение, 2014. – 624 с.

114. Национальная программа «Развитие биотехнологии в России на 2006–2015 гг.» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.biorosinfo.ru/papers-society/National%20Program_and_Appendix1.pdf (дата обращения: 15.08.2012).

115. Нейман Д. Математические основы квантовой механики / Пер. с немецкого М.К. Поливанова, Б.М. Степанова; Редактор Н.Н. Боголюбов. – М.: Наука, 1964. – 367 с.

116. Нейман Д. Теория игр и экономическое поведение / Пер. с английского; Редактор и автор добавлений Н.Н. Воробьев. – М.: Наука, 1970. – 707 с.

117. Нейман Д. Теория самовоспроизводящихся автоматов / Пер. с англ. – М.: Мир, 1971. – 384 с.

118. Николелис М. Силой мысли // В мире науки. – 2012. – № 11. – С. 44–51.

119. Никоненко С.В. Аналитическая философия: основные концепции. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2007. – 546 с.

120. Нильсон Д. Принципы искусственного интеллекта / Пер. с английского: Р.М. Абдусаматов, Ю.И. Крюков; Редактор В.Л. Стефанюк. – М.: Радио и связь, 1985. – 376 с.

121. Новая промышленная революция [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.unido-russia.ru/archive/num_14/art14_14/ (дата обращения: 01.11.2015).

122. Новая технократическая волна на Западе / Под ред. В.М. Леонтьева. – М.: Прогресс, 1986. – 450 с.

123. Новейший философский словарь: 2-е изд., переработ. и дополн. – М.:

Интерпрессервис; Книжный дом, 2001. – 1280 с.

124. Новые информационные технологии и судьбы рациональности в современной культуре. Материалы «круглого стола» // Вопросы философии. – 2003. – №12. – С. 3–52.

125. Нуаре Л. Возникновение искусственных функций. Человек не подражает животному. // Роль орудия в развитии человека. Л., 1925. – С. 60–64.

126. Нуаре Л. Значение орудия для развития человеческого знания // Роль орудия в развитии человека. – Л., 1925. – С. 33–35.

127. Овчинников Н.Ф. Знание – болевой нерв философской мысли (к истории концепций знания от Платона до Поппера) // Вопросы философии. – 2001. – №1. – С. 83–113.

128. Онтологии артефактов. Взаимодействие «естественных» и «искусственных» компонентов жизненного мира / Под ред. О.Е. Столяровой. – М.: Издательский дом «Дело», 2012. – 309 с.

129. Опенков М.Ю. Развитие визуального мышления и компьютерная революция // Когнитивная эволюция и творчество. – М.: Прогресс, 1995. – С. 205–224.

130. Опенков М.Ю., Лысоченко М.Н. Философия социальных сетей. Коммуникация знания. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ifar.ru/pr/2012/n121108a.pdf> (дата обращения: 01.11.2015).

131. Ортега-и-Гассет Х. Размышления о технике // Вопросы философии. – 1993. – № 10. – С. 32–68.

132. Осуга С. Обработка знаний / Пер. с японского: В.И. Этов. – М.: Мир, 1989. – 292 с.

133. Павленко А. Возможность техники / А. Павленко. – СПб.: Алетейя, 2010. – 224 с.

134. Павлов К.А. Существует ли искусственный интеллект? // Вопросы философии. – 2005. – № 4. – С. 76–85.

135. Патнэм Х. Философия сознания / Пер. с англ. Л.Б. Макеевой, О.А. Назаровой, А.Л. Никифорова; предисл. Л.Б. Макеевой. – М.: Дом

интеллектуальной книги, 1999. – 240 с.

136. Пенроуз Р. Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики / Пер. с англ.; Общ. ред. В.О. Малышко. – М.: Эдиториал УРСС, 2003. – 384 с.

137. Перечень критических технологий Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://kremlin.ru/ref_notes/988 (дата обращения: 27.07.2014.).

138. Пестова Г.А. Социология управления: учебное пособие. – М.: Академия Естествознания, 2011. – 104 с.

139. Пиотровский Л.Б. «Нанотехнология», «нанонаука» и «нанообъекты»: что значит «нано»? // Экология и жизнь. – 2010. – № 8. – С. 7–13.

140. Платон. Сочинения в четырех томах / Под общ. ред. А.Ф. Лосева и В.Ф. Асмуса; Пер. с древнегреч. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та; Изд-во Олега Абышко, 2006.

141. Полани М. Личностное знание / М. Полани. – М.: Прогресс, 1985. – 343 с.

142. Попов Э.В. Предисловие к серии «Науки об искусственном» // Саймон Г. Науки об искусственном / Пер. с англ.; Изд. 2-е. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – С. 1–3.

143. Поппер К. Открытое общество и его враги. – М.: Международный фонд «Культурная инициатива». Soros Foundation (USA), 1992. – 490 с.

144. Поппер К.Р. Объективное знание. Эволюционный подход / Пер. с англ. Д.Г. Лахути; Отв. ред. В.Н. Садовский. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 384с.

145. Пospelов Г.С. Возникновение и развитие методов искусственного интеллекта // Вопросы кибернетики. Проблемы моделирования искусственного интеллекта / Под ред. Г.С. Пospelова. – М.: Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика» АН СССР, 1980. – С. 5–12.

146. Практика глобализации: игры и правила новой эпохи / Под редакцией директора ИПРОГ-а, д. э. н. М. Г. Делягина. – Москва, 2000.

147. Представление и использование знаний / Пер. с япон.; Под ред.

Х. Уэно, М. Исидзука. – М.: Мир, 1989. – 220 с.

148. Президентская инициатива «Стратегия развития nanoиндустрии». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zakonbase.ru/content/nav/137451> (дата обращения: 27.07.2014).

149. Приобретение знаний / [Осуга С., Саэки Ю., Судзуки Х. и др.]; Редакторы: С.Осуги, Ю.Саэки; Пер. с японского: Ю.Н.Чернышов; под редакцией Н.Г. Волкова. – М.: Мир, 1990. – 303 с.

150. Программа развития nanoиндустрии в Российской Федерации до 2015 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mail.google.com/mail/ca/u/0/?shva=1#inbox> (дата обращения: 06.08.2014).

151. Психология машинного зрения / Б.Хорн, М.Минский, Й.Сираи и др.; Редактор П.Уинстон; Пер. с английского: В.Л. Стефанюк. – М.: Мир, 1978. – 344 с.

152. Развитие биотехнологий и генной инженерии. Дорожная карта [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://government.ru/media/files/41d47b5e0ae078ee508b.pdf> (дата обращения: 15.08.2012).

153. Рапопорт Г.Н., Герц А.Г. Искусственный и биологический интеллекты. Общность структуры, эволюция и процессы познания. – М: КомКнига, 2005. – 312 с.

154. Рейтман У.Р. Познание и мышление. Моделирование на уровне информационных процессов / Пер. с англ.; Под ред. А.В. Напалкова. – М.: Мир, 1968. – 400 с.

155. Рифкин Д. Третья промышленная революция: Как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом / Джереми Рифкин; Пер. с англ. – М.: Альпина нон-фикшн, 2014.

156. Розин В.М. Осознание техники и технологии // Традиционная и современная технология: (филос.-методол. анализ). – М.: Прогресс 1998. – 216. с.

157. Рополь Г. Является ли техника философской проблемой? // Философия техники в ФРГ: Сб. ст. / Сост. и предисл. Ц.Г. Арзаняна, В.Г.

Горохова. – М.: Прогресс, 1989. – С. 191–202.

158. Саймон Г. Науки об искусственном / Пер. с англ.; Изд. 2-е. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 144 с.

159. Системно-кибернетические аспекты познания: [Сб. статей] / Отв. ред. Н.А. Лицис. – Рига: Зинатне, 1985. – 324 с.

160. Современные философские проблемы естественных, технических и социально-гуманитарных наук / Под общ. ред. В.В. Миронова. – М.: Гардарики, 2006. – 639 с.

161. Соколов Е.Н. О моделирующих свойствах нервной системы // Кибернетика. Мышление. Жизнь. / Под ред. А.И. Берга и др. – М.: Мысль, 1964. – С. 242–279.

162. Социология вещей. Сборник статей / Под ред. В.С. Вахштайна. – М.: Издательский дом «Территория будущего», 2006. – 392 с.

163. Социологический словарь Socium [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://voluntary.ru/dictionary/572/symbol/209> (дата обращения: 01.11.2015).

164. Степин В.С. Теоретическое знание. – М.: Прогресс-Традиция, 2003. – 744 с.

165. Степин В.С. Философия науки. Общие проблемы: учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук / В.С. Степин. – М.: Гардарики, 2006. – 384 с.

166. Столярова О.Е. «Исследования науки и технологии» (STS): Философское введение. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.hse.ru/data/662/515/1239/text.doc> (дата обращения 26.01.2016).

167. Столярова О.Е. Идентичность киборгов: Обзор материалов конференции «Cyborgidentities» // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Сер.3, Философия. – М., 2000. – № 2. – С. 45–63.

168. Тарасов В.Б. Синергетический искусственный интеллект // Философия искусственного интеллекта. Материалы всероссийской междисциплинарной конференции, г. М., МИЭМ, 17–19 января 2005 г. – М.: ИФ

РАН, 2005. – С. 327–329.

169. Тищенко П.Д. Философские основания гуманитарной экспертизы // Знание. Понимание. Умение. – 2008. – № 3. – С. 198–205.

170. Традиционная и современная технология: (филос.-методол. анализ). – М.: Прогресс 1998. – 216. с.

171. Тхостов А.Ш. Топология субъекта (опыт феноменологического исследования // Вестник Московского Университета. – Сер. 14. Психология. – 1994. – № 2. – С. 3–13.

172. Тьюринг А.М. Может ли машина мыслить?: С приложением статьи Дж. фон Неймана «Общая и логическая теория автоматов» / Пер. с английского: Ю.А. Данилов; Редактор и автор предисловия С.А. Яновская. – М.: Физматгиз, 1960. – 112 с.

173. Узлов Н.Д. Настоящее и будущее гуманитарных технологий / Н.Д. Узлов // Вестник Пермского университета. Серия Философия. Психология. Социология. – 2011. – № 4. – С. 62 – 70.

174. Фейнман Р.Ф. Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики // Российский химический журнал. – 2002. – № 5. – С. 4–6.

175. Философия искусственного интеллекта. Материалы всероссийской междисциплинарной конференции, г. М., МИЭМ, 17–19 января 2005г. – М.: ИФ РАН, 2005. – 400 с.

176. Философия науки: Общие проблемы познания. Методология естественных и гуманитарных наук: хрестоматия / Отв. ред. – сост. Л.А. Микешина. – М.: Прогресс – Традиция: МПСИ: Флинта, 2005. – 992 с.

177. Философия. Методология. Наука: Коллективная монография. – М.: Прометей, 2004. – 608 с.

178. Финберг Э. Средство как смысл // Эпистемология и философия науки. – 2011. – № 2. – С. 16 – 35.

179. Форсайт «Образование 2030» [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.slideshare.net/ASI-12/2030-14471230> (дата обращения: 28.07.2014).

180. Хакен Г. Синергетика и некоторые ее применения в психологии / Пер.

с англ. Е.Н. Князевой // Синергетическая парадигма. Нелинейное мышление в науке и искусстве. – М.: Прогресс-Традиция, 2002. – С. 296–306.

181. Хакен Г. Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 320 с.

182. Хакен Г., Хакен-Крелль М. Тайны восприятия. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 272 с.

183. Хант Э. Искусственный интеллект / Пер. с английского: Д.А. Белов, Ю.И. Крюков; Редактор В.Л. Стефанюк. – М.: Мир, 1978. – 558 с.

184. Хант Э. Моделирование процесса формирования понятий на вычислительной машине / Пер. с английского И.Б. Гуревич; Редактор А.В. Напалков. – М.: Мир, 1970. – 301с.

185. Хоркхаймер М. Затмение разума. К критике инструментального разума. – М.: «Канон+» РООИ «Реабилитация», 2011. – 224 с.

186. Чернавский Д.С. Синергетика и информация (динамическая теория информации) / Послесл. Г.Г. Малинецкого. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 288 с.

187. ЧЕРНИГОВСКАЯ Т.В. ЧЕЛОВЕЧЕСКОЕ В ЧЕЛОВЕКЕ: СОЗНАНИЕ И НЕЙРОННАЯ СЕТЬ // ПРОБЛЕМА СОЗНАНИЯ В ФИЛОСОФИИ И НАУКЕ / ПОД ОБЩ. РЕД. ПРОФ. Д.И. ДУБРОВСКОГО. – М.: «КАНОН +» РООИ «РЕАБИЛИТАЦИЯ», 2009. – С. 325–360.

188. Черникова Д.В., Черникова И.В. Проблема природы человека в свете NBIC-технологий // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – № 6. – С. 88–93.

189. Черникова И.В. Когнитивные науки и когнитивные технологии в зеркале философской рефлексии // Эпистемология и философия науки. – 2011. – №. 1. – С. 101–116.

190. Черникова И.В. Трансформация концепта «знание» в постнеклассической науке // Вестник Томского государственного университета. – 2007. – № 2. – С. 70–75.
191. Чешев В.В. Техническое знание: монография / В.В. Чешев. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2006. – 267 с.
192. Чешев В.В. Фундаментальные науки или фундаментальные исследования? // Эпистемология и философия науки. – 2013. – № 2. – С. 34 – 39.
193. Чешко В.Ф., Глазко В.И. High Nume (биовласть и биополитика в обществе риска). Учебное пособие. – М., 2009. – 319 с.
194. Чубаров И.М., Рябова А.Л. Медиа, медианаука и философия медиа // ЛОГОС. ТОМ 25. – 2015. – № 2. – С. 92–105.
195. Шадевальд В. Понятия «природа» и «техника» у греков // Философия техники в ФРГ: Сб. ст. / Сост. и предисл. Ц.Г. Арзаняна, В.Г. Горохова. – М.: Прогресс, 1989. – С. 90 – 103.
196. Шамис А.Л. Поведение, восприятие, мышление: проблемы создания искусственного интеллекта. – М.: Едиториал УРСС, 2005. – 224 с.
197. Шенк Р.К. Обработка концептуальной информации / Пер. с английского Г. В. Сенина; Редактор В. М. Брябрин. – М.: Энергия, 1980. – 361 с.
198. Шеннон К.Э. Работы по теории информации и кибернетике: [Сборник статей] / Перевод с английского: А.Н. Колмогоров. Редактор Р.Л. Добрушин, О.Б. Лапунов]. – М.: Издательство иностранной литературы, 1963. – 829 с.
199. Шеннон Р.Ю. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Пер. с английского; Редактор Е.К. Масловский. – М.: Мир, 1978. – 418 с.
200. Шестеренкина Л.П., Борченко И.Д. Основные характеристики новых социальных медиа // Учёные записки ЗабГУ. – 2014. – № 2 (55). – С. 107–111.
201. Шилова О.А., Кручинина И.Ю. Золь-гель технология микро- и наночастиц и нанокомпозитов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iscras.ru/wp-content/uploads/2014/07> (дата обращения: 30.07.2014).
202. Шрейдер Ю.А. Искусственный интеллект, рефлексивные структуры и антропный принцип // Вопросы философии. – 1995. – № 7. – С. 163–167.

203. Эволюция, культура, познание. – М., 1996. – 167 с.
204. Эллюль Ж. Другая революция // Новая технократическая волна на Западе / Под ред. В.М. Леонтьева. – М.: Прогресс, 1986. – С. 147–152.
205. Эндрю А.М. Искусственный интеллект / Пер.с англ. В.Л. Стефанюка; Под ред. [и с предисл.] Д.А. Поспелова. – М.: Мир, 1985. – 265 с.
206. Эшби У.Р. Введение в кибернетику / Пер. с английского Д.Г. Лахути. Редактор В.А. Успенский; Предисловие: А.Н. Колмогоров. – М.: Издательство иностранной литературы, 1959. – 432 с.
207. Эшби У.Р. Конструкция мозга: Происхождение адаптивного поведения / Перевод с английского: Ю.И. Лашкевич; Редакторы: П.К. Анохин, В.А. Шидловский; Предисловие: П.К. Анохин. – М.: Мир, 1964. – 411 с.
208. Юдин Б.Г. Технонаука, человек, общество // Век глобализации. – 2008. – № 2. – С.146–154.
209. Юдин Б.Г. Проблемы гуманитарной экспертизы // Знание. Понимание. Умение. – 2006. – № 4. – С. 187–194.
210. Ясницкий Л.Н. Введение в искусственный интеллект. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 176 с.
211. Ясперс К. Современная техника // Новая технократическая волна на Западе / Под ред. В.М. Леонтьева. – М.: Прогресс, 1986. – С. 119–146.
212. Chikofsky Ястреб Н.А. Биотехнология как технонаучное знание // Инновационный вестник Регион. – 2014. – № 1. – С. 49–52.
213. Ястреб Н.А. Информационная культура: эпистемология новых информационных технологий // Гуманитарные аспекты профессионального образования: проблемы и перспективы. – Иваново – Вологда, 2005. – С. 177–187.
214. Ястреб Н.А. Когнитивно-структурный подход к представлению знаний в искусственных системах // Вестник Поморского университета. – 2006. – № 4. – С. 62–66.
215. Ястреб Н.А. Конвергентная модель научно-инновационного процесса // Теория и практика общественного развития. – 2012. – № 12. – С. 54–57.

216. Ястреб Н.А. Конвергентные технологии как фактор развития фундаментальных и прикладных наук // Вестник Московского государственного областного университета. – 2012. – № 3. – С. 156–160.

217. Ястреб Н.А. Модели взаимодействия фундаментальных и прикладных исследований в научном познании // Философия хозяйства. – 2012. – № 5. – С. 201–209.

218. Ястреб Н.А. Моделирование познавательных способностей человека в науках об искусственном: Монография. – Вологда: ВГПУ, 2008. – 106 с.

219. Ястреб Н.А. Подходы к пониманию социальных аспектов программ NBIC-конвергенции // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2014. – С. 513–515.

220. Ястреб Н.А. Техническое знание в системе наук // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. – 2013. – № 2. – С. 214–217.

221. Ястреб Н.А. Трансдисциплинарность NBIC-конвергенции в контексте социальных трансформаций // European Social Science Journal (Европейский журнал социальных наук). 2014. – № 7. – Том 2. – С. 55 – 59.

222. Ястреб Н.А. Философско-методологические основания приоритетных технологических проектов: конвергентные технологии, промышленные сети, Интернет вещей // Системные стратегии: наука, образование, информационные технологии. Сборник научных статей. Выпуск 1. / Под ред. доц. О.Б. Голубева и доц. Н.А. Ястреб. – Вологда: ВГПУ, 2013. С. 143–149.

223. Ястреб Н.А. Четвертая промышленная революция // Бизнес и власть. – 2013. – № 3. – С. 66–67.

224. Ястреб Н.А. Эпистемологические основания технического знания // European Social Science Journal. – 2013. – № 10. Т.1. – С. 20–27.

225. Ястреб Н.А. Эпистемологический анализ техники: структура, условия возможности и критерии истинности технического знания // Вестник МГУ. Серия 7 Философия. – 2014. – № 1. – С. 69–92.

226. Ястреб Н.А. Эпистемология технического объекта // Философия науки. – 2013. – № 2. – С. 123–33.

227. Anderson C. Makers: The New Industrial Revolution. Crown Business, 2012. – 260 p.

228. Armstrong D.M. The Nature of Mind // The Mind-Brain Identity Theory. L., 1970.

229. Beck U. From Industrial Society to the Risk Society // Theory, Culture and Society. – 1992. – №1. – P. 97–123.

230. Belt H. van den. Philosophy of biotechnology // Philosophy of Technology and Engineering Sciences / Ed. by A. Meijers (Handbook of the Philosophy of Science, Vol. 9). – Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V., 2009. – P. 1301 – 1340.

231. Bensaude V.B. Technoscience and Convergence: A Transmutation of Values? // Summerschool on Ethics of Converging Technologies. Dormotel Vogelsberg, Omrod/Alsfeld, Germany. 2008. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/35/08/04/PDF/06BBV.pdf>. (дата обращения: 05.09.2014)/

232. Biotechnology // Oxford Dictionary [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://oxforddictionaries.com/definition/english/biotechnology?q=BIOTECHNOLOGY> (дата обращения: 05.10.2013).

233. Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies (BRAIN). Working Group Interim report. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.nih.gov/science/brain/09162013-Interim%20Report_Final%20Composite.pdf (дата обращения: 12.08.2014).

234. Brey P. Philosophy of Technology: A Time for Maturation // Metascience: An International Review Journal for the History, Philosophy and Social Studies of Science. – 1996. – № 9. – P. 91–104.

235. **BREY P., SORAKER J.H. PHILOSOPHY OF COMPUTING AND INFORMATION TECHNOLOGY // PHILOSOPHY OF TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES / ED. BY A. MEIJERS (HANDBOOK OF THE PHILOSOPHY OF SCIENCE, VOL. 9). – AMSTERDAM, THE NETHERLANDS: ELSEVIER B.V., 2009. – P. 1341–1407.**

236. Bunge M. Technology as Applied Science // Technology and Culture. – 1966. – №7. – P. 329–347.

237. Bunge M. The Mind-Body Problem: A Psycho-Biological Approach. – Oxford; N.Y., 1980. – 269 p.

238. Bynum T.W., Moor J. How Computers are Changing Philosophy // In The Digital Phoenix: How Computers are Changing Philosophy. T. Bynum and J. Moor, eds. – Blackwell, 1998. – P. 1–16.

239. Canton J. NBIC convergent technologies and the innovation economy: // Managing nano-bio-info-cogno: converging technologies in society. National Science and Technology Council's Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology, 2005. – P. 33–45.

240. Carpenter S. Modes of knowing and technological action // Philosophy Today. – 1974. – № 2. – P. 162–168.

241. Chikofsky E., Cross J. Reverse engineering and design recovery: A taxonomy. IEEE Software. – № 7(1), January 1990. – P. 13 – 17.

242. Commercial Biotechnology: An International Analysis. U.S. Government Printing Office. 1984. – 612 p.

243. Collins H.M. Tacit Knowledge, Trust and the Q of Sapphire // Social Studies of Science. – 2001. – Vol. 31. – №.1. – P. 71 – 75.

244. Contract Report CR-2004-001 (April). [On-line] Available at www.drddc-rddc.gc.ca, accessed December 1, 2006.

245. Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology, and Cognitive Science / Ed. by M. Roco and W.Bainbridge. – Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 2003. – 468 p.

246. Cuevas A. The Many Faces of Science and Technology Relationships // Essays in Philosophy. – Vol. 6. – Iss. 1. – Article 3.

247. Decker M. Nanopartikel und Risiko – ein Fall für das Vorsorgeprinzip? Betrachtung aus der Perspektive der Technikfolgenabschätzung. // Nanotechnologie. Grundlagen, Anwendungen, Risiken, Regulierung / Hrsg. Scherzberg A., Wendorff J.H. – Berlin: De Gruyter Recht, 2009. – C. 113–137.

248. Dederer H.-G. Neuartige Technologien als Herausforderung an das Recht – dargestellt am Beispiel der Nanotechnologie // Springer T.M. (Hrsg.). Aktuelle Herausforderungen der Life Sciences. – Berlin: LIT, 2010. – C. 72–74.

249. Dennet D. Consciousness Explained. – Boston, 1991. – 511 p.

250. Edelman G. Neural Darwinism: The Theory of Neuronal Group Selection. – New York: Basic Books, 1987. – P. 115 – 125.

251. Edvin T., Layton J. Technology as Knowledge // Technology & Culture. – 1974. – № 1. – P. 31–41.

252. Etzkowitz H., Leydesdorff L. The Triple Helix–university–industry–government relations: a laboratory for knowledge-based economic development // EASST Review. – 1995. – № 14. – P. 14–19.

253. Fári M.G., Kralovánszky U.P. The founding father of biotechnology: Károly (Karl) Ereky // International Journal of Horticultural Science. – 2006. – № 12. – P. 9 – 12.

254. Fenn J., Raskino M. Mastering the hype Cycle. How to choose the right innovation at the right time. – Harvard: Harvard business Press, 2008. – 17 p.

255. Forman P. The primacy of Science in modernity, of technology in postmodernity and of ideology in the history of technology // History and Technology. – 2007. – № 1/2. – P. 1–152.

256. Galison P. The pyramid and the Ring: The Rise of Ontological Indifference. Lecture at the Centre for the Humanities of the University of Utrecht, 2010.

257. Geary C., Rothmund P.W.K., Andersen E.S. A single-stranded architecture for cotranscriptional folding of RNA nanostructures // *Science*. – 2014. – Vol. 345. – P. 799–804.

258. Gibbons M., Nowotny H., Scott P. *Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty*. – Oxford: Blackwell Publishing, 2002. – 288 p.

259. Goodyear P. “Effective networked learning in higher education: Notes and guidelines”, in Deliverable 9, Volume 3 of the Final Report to JCALT (Networked Learning in Higher Education Project). Retrieved June 30, 2008, from http://csalt.lancs.ac.uk/jisc/docs/guidelines_final.doc.

260. Hacker B. Greek Catapults and Catapult Technology: Science, Technology and War in the Ancient World. In *Technology and the West*, T. Reynolds and S. Cutcliffe, eds. – Chicago.: University of Chicago Press, 1997. – P. 49–66.

261. *Handbook of Human Computation*. – New York: Springer, 2013 – 1058 p.

262. Hausi A. Muller, Jens H. Jahnke. *Reverse Engineering: A Roadmap* // *Proceedings of the Conference on The Future of Software Engineering*. – ACM New York, NY, USA, 2000. – P. 47 – 60.

263. Herschbach D.R. Technology as Knowledge: Implication for Instruction // *Journal of Technology Education*. – 1995. – Vol. 7. – № 1. – P. 31–41.

264. Hindle B. *Technology in Early America: Needs and Opportunities for Study*, Chapel Hill: Published for the Institute of Early American History and Culture by the University of North Carolina Press, 1966. – 145 p.

265. Hooker C.A. Information-processing Approach to the Brain-Mind and its Philosophical Ramifications // *Philosophy and Phenomenological Research*. 1975. – Vol. 36 – № 1. – P. 1 – 15.

266. Hottois G. *Le signe et la technique. La philosophie à l'épreuve de la technique*. – Paris: Aubier, 1984. – 222 p.

267. Houkes W. The nature of technical knowledge // *Philosophy of Technology and Engineering Sciences*. Ed. by A. Meijers (*Handbook of the Philosophy of Science*, Vol. 9). – Amsterdam, Netherlands: Elsevier B.V., 2009. – 42 p.

268. Ihde D. Expanding hermeneutics: visualism in science. – Evanston (Ill.), 1999. – 216 p.
269. Jarvie I.C. Technology and the Structure of Knowledge // Philosophy and Technology. Readings in the Philosophical Problems of Technology, C. Mitcham and R.C. Mackey, eds. The Free Press, 1972. – P. 54–61.
270. Iijima S. Helical microtubules of graphitic carbon // Nature. – 1991. – № 354. – P. 56 – 58.
271. Jorgenson D., Stiroh K. Information Technology and Growth // American Economic Review. – 1999. – Vol. 89. – № 2. – P. 109–115.
272. Kline S., Rosenberg N. A new view of innovation. In R. Landau & N. Rosenberg (Eds.) // The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth. – Washington, DC.: National Academy Press, 1986. – P. 275–306.
273. Kniebe T. Nano // Magazin der Süddeutschen Zeitung. – 2009. – № 48.
274. Knusf G. The Ethics of NBIC Convergence // Journal of Medicine and Philosophy. – 2007. – № 32. – P. 185–196.
275. Kranenburg R. van. The Internet of Things. A critique of ambient technology and the all-seeing network of RFID. – Amsterdam, 2008. – 61 p.
276. Kuypers K. The Relation Between Knowing and Making as an Epistemological Principle // Philosophy and Phenomenological Research. – 1974. – № 1. – P. 60 – 78.
277. Larsen P.B., Ahlqvist T., Friðriksson K. Applying Technology Convergence for Innovation in Nordic regions. – Oslo.: Nordic Innovation Centre, 2007. – 49 p.
278. Leydesdorff L. The Triple Helix, Quadruple Helix, ..., and an N-Tuple of Helices: Explanatory Models for Analyzing the Knowledge-Based Economy? // Journal of the Knowledge Economy. – 2012. – № 3. – P. 25–35.
279. Leydesdorff L., Sun Y. National and international dimensions of the Triple Helix in Japan: university–industry–government versus international co-authorship relations // Journal of the American Society for Information Science and Technology. – 2009. – № 4. – P. 778–788.

280. Luksha P. NeuroWeb Foresight Results vMar2014. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.slideshare.net/PavelLuksha/neuroweb-foresight-results-vmar2014-russian-version> (дата обращения: 29.07.2014).

281. MacKenzie, S., Cong, A., Romet, T., & Thomas, K. NBIC Disruptive Technology Watch. Prepared for Defence Research and Development Canada, 2003. – 73 p.

282. Mitcham C., Schatzberg E. Defining technology and the engineering sciences // Philosophy of Technology and Engineering Sciences. Ed. by A. Meijers (Handbook of the Philosophy of Science, Vol. 9). – Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V., 2009. – XX p.

283. McCulloch W.S., Pitts W. A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity // Bull. Mathematical Biophysics, 1943. – Vol. 5. – P. 115 – 133.

284. Mehta M.D. Nanoscience and nanotechnology: Assessing the Nature of Innovation in these fields // Bulletin of Science. Technology & Society. Vol. 22. – 2002. – № 4. – P. 269–273.

285. Minsky M. A framework for representing knowledge // Frame conceptions and text understanding. – B., 1980. – P. 1–25.

286. Modha D.S. Introducing a Brain-inspired Computer [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.research.ibm.com/articles/brain-chip.shtml> (дата обращения: 11.08.2014).

287. Mountcastle V.B. Perceptual Neuroscience. The Cerebral Cortex. – MA: Harvard University Press, 1998. – 512 p.

288. Muller A. H. Reverse Engineering: A Roadmap [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/A.Finkelstein/fose/finalmuller.pdf> (дата обращения 12.06.2014).

289. Newell A., Shaw J., Simon H. Report on a General Problem-Solving Program. Proc. Intern. Conf. Inform. Process. – Paris: UNESCO House, 1959. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.upicardie.fr/~furst/docs/Newell_Simon_General_Problem_Solving_1959.pdf (дата обращения 01.09.2016).

290. Newell A., Simon H. Computer Simulation of Human Thinking // Science. – 1961. – Vol. 134. – P. 17–30.

291. Nordmann A. Collapse of Distance: Epistemic Strategies of Science and Technoscience // Danish Yearbook of Philosophy. – 2006. – № 41. – P. 7 – 34.

292. Nordmann A. Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies. – Luxembourg: European Communities, 2004. – 65 p.

293. Nordmann A. Philosophy of Technoscience in the Regime of Vigilance // International Handbook on Regulating Nanotechnologies. Diana Bowman, Graeme Hodge, Andrew Maynard, Eds. – Cheltenham: Edward Elgar. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www3.nd.edu/~impacts/Bibliography_files/NordmannPhilosophyandRegulationofNanoTech.pdf (дата обращения: 14.08.2013).

294. O'Malley Maureen A. Making knowledge in synthetic biology: Design meets Kludge // Biological Theory. – 2009. – № 4. – P. 381.

295. Oakley K. The earliest firemakers. Antiquity 30, 1956. – P. 102–107.

296. PEASE A. A COMPUTATIONAL MODEL OF LAKATOS-STYLE REASONING / ALISON PEASE. – EDINBURGH, 2007. – 262 P.

297. Philosophy of Technology and Engineering Sciences / Ed. by A. Meijers (Handbook of the Philosophy of Science, Vol. 9). – Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V., 2009. – 1453 p.

298. PICCININI G. COMPUTATIONALISM IN THE PHILOSOPHY OF MIND / G. PICCININI // PHILOSOPHY COMPASS. – 2009. – № 4. – P. 515–532.

299. Pinch T. J., Bijker, W. E. The social construction of facts and artifacts: Or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other // Social Studies of Science. – 1984. – № 14. – P. 17–50.

300. Pollen E.P. Critique of Psycho-Physical Identity Theory. A Refutation of

Scientific Materialism and Establishment of Mind-Matter Dualism by Means of Philosophy and Scientific Methods. The Hagul. – Paris, 1973. – 308 p.

301. Pollock J.L., Cummins R. Philosophy and Artificial Intelligence: Essays at the Interface. Bradford / MIT. 1991. – 418 p.

302. Rifkin J. The Third Industrial Revolution: How the Internet, Green Electricity, and 3-D Printing are Ushering in a Sustainable Era Distributed Capitalism // The World Financial Review. March – April 2012. – P. 8–12.

303. Roco M., Bainbridge W. Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology, and Cognitive Science. NSF/DOC-sponsored report. National Science Foundation, June 2002. Arlington. Virginia. – 482 p.

304. Roco M. The emergence and policy implications of converging technologies // Managing nano-bio-info-cogno: converging technologies in society. National Science and Technology Council's Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology, 2005. – P. 9–23.

305. Roco M., Bainbridge W. Managing nano-bio-info-cogno: converging technologies in society. National Science and Technology Council's Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology. – Dordrecht.: Springer, 2005. – 398 p.

306. Ropohl G. Knowledge Types in Technology // International Journal of Technology and Design Education. – 1997. – № 7. – P. 65–72.

307. Rosenblatt F. Principles of Neurodynamics. Spain Books. – New York, 1962.

308. Schomberg R. von. The precautionary Principle and its Normative Challenges // Implementing the Precautionary Principle, Perspectives and Prospects; E. Fischer, J. Jones, R. von Schomberg (Eds.). Cheltenham, 2006. – P. 19–42.

309. Searle J. Minds, Brains, and Programs // The Philosophy of Artificial Intelligence, in M. Boden, ed. – Oxford University Press, 1990. – 417-457 p.

310. Séris J.-P. La technique. – Paris: PUF, 1994. – 414 p.

311. Singer C., Holmyard E. J., Hall A. R. A History of Technology, Vol. 1: From Early Times to Fall of Ancient Empires. – Oxford: Clarendon Press. – 5 V. (1954–1958).

312. Sloman A. The Computer Revolution in Philosophy. Atlantic Highlands: Humanities Press. – 1978. – 197 p.

313. Smal A. W. Seminar Notes: The Methodology of the Social Problem. Division I. The Sources and Uses of Material // The American Journal of Sociology. – 1898. – № 4(1). – P. 113–144.

**314. STAUDENMAIER J. M. TECHNOLOGY'S
STORYTELLERS / J. M. STAUDENMAIER. MIT, 1985. –
312 P.**

315. Tang-Schomer M.D. Bioengineered functional brain-like cortical tissue // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2014. – Vol. 8. – 13811–13816 p.

**316. THAGARD P. COMPUTATIONAL PHILOSOPHY OF
SCIENCE / PAUL THAGARD. MIT PRESS, 1988. – 219
P.**

317. The Network Society. A Cross-cultural Perspective / edited by Manuel Castells. Edward Elgar Cheltenham, UK; Northampton, MA, USA, 2004. – 488 p.

318. Traweek Sh. Beamtimes and Lifetimes: The World of High Energy Physics. Harvard University Press, 1988. – 206 p.

319. United Nations Millennium Declaration [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.un.org/millennium/declaration/ares552e.pdf> (дата обращения: 23.07.2014).

320. Vaesen K. The functional bias of the dual nature of technical artefacts program // Studies in History and Philosophy of Science. – 2011. – № 1. – P. 190–197.

321. Veblen T. The Engineers and the Price System. Kitchener, Ontario: Batoche Books, 2001. – 104 p.

322. Vermesan O., Friess P. Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems. – Aalborg.: River Publishers, 2013. – 348 p.
323. Vincenti W.G. What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History (Johns Hopkins Studies in the History of Technology). London: The Johns Hopkins University Press, 1993 – 336 p.
324. Vries, M. J. de. The Nature of Technological Knowledge: Extending empirically informed studies into what Engineers know // *Techne: Journal of the Society for Philosophy and Technology*. – 2003. – № 6 (3). – P. 1 – 21.
325. Watson J. DNA: The Secret of Life. New York: Alfred A. Knopf., 2003. – 447 p.
326. Wiener N. A Machine Wiser Than Its Maker. // *Electronics*. – 1953. – Vol. 26. – № 6. – P. 368–374.
327. Zitter I., Hoeve A. Hybrid Learning Environments. Merging learning and work processes to facilitate knowledge integration and transitions // *OECD Education Working Papers*, No. 81, OECD Publishing, 2012. <http://dx.doi.org/10.1787/5k97785xwdvf-en>. (дата обращения: 01.08.2014).