

УДК 001.3

DOI:

10.15372/PS20170210

А.И.Липкин, В.С. Федоров**ТИПЫ «ТЕХНОНАУКИ» ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XX ВЕКА¹**

В статье рассматривается появление нового, специальным образом управляемого тесного переплетения техники (технологии) с наукой и производством, которое названо «технонаукой». В нем, во-первых, выделена и проанализирована на материале американского атомного проекта структура научно-технического ядра технонауки (ЯТН), включающая собственный контур управления. Во-вторых выявлен дополнительный контур управления практической реализацией, который существенно различается в случае атомного проекта, где центральную роль играет государство, и в случае проектов, реализовывавшихся фирмами типа «Intel» в Кремниевой долине в 1970-х годах, где важнейшими элементами являются предприниматель и его связи с окружающей «экосистемой». Эти два типа обозначаются как «технонаука-1» и «технонаука-2» соответственно. Рассматриваются некоторые отечественные реализации технонауки-1, а также ее связь с «большой наукой».

Ключевые слова: технонаука, управление, атомный проект, государство

A.I. Lipkin, V.S. Fyodorov**THE TYPES OF «TECHNO-SCIENCE» IN THE SECOND PART OF THE 20TH CENTURY**

The paper considers how there appears a new and specially managed tight lacing of technics (technology), science and industry, which is called “techno-science”. In this phenomenon, we firstly mark out and analyze the structure of the scientific and technical core of techno-science (TSC) including its own management scheme. To analyze the TSC core, we consider the American nuclear project. Secondly, we show an additional management scheme related to practical realization which greatly differs in the nuclear project case where the state plays the key role and in the case of projects realized by companies like Intel in Silicon Valley in the 1970s where a businessman and his or her relations with an ambient “ecosystem” are the most important elements. These two types we call “techno-science 1” and “techno-science 2” respectively. We study some realizations of techno-science 1 in the USSR and modern Russia and its relations with “big science”.

Keywords: techno-science, management, nuclear project, state

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект № 14-03-00687).

Применительно к началу XX в. можно еще довольно четко различать технику и естественную науку и говорить о воздействии науки на развитие техники. Это воздействие довольно адекватно описывается относительно простыми «линейной» и «каскадной» моделями [5]. Линейная модель «постулирует, что инновации начинаются с фундаментальных исследований, а за ними идут прикладные исследования и разработки, которые имеют результатом производство и распространение» [17, р. 639]. Этот естественно-исторический процесс растягивается надолго². В каскадной модели связь науки и техники оказывается несколько более сложной, здесь движение проекта имеет вид как бы каскада: технологическая проблема → структурирование проблемы и поисковые исследования → прикладные научные исследования → техническое решение, использующее результаты научного исследования (теории явления). Мы здесь отличаем *прикладные* научные исследования от *фундаментальных*, или чистых (basic, или pure) по источнику проблемы (явления). Цель прикладного исследования – разработка теории явлений (объектов и процессов), связанных с решаемой технической проблемой, а фундаментального – удовлетворение чисто научного интереса. Приблизительно такое же отличие фундаментальной науки («незаинтересованных исследований») от прикладной показано в работе Р. Гейгера [16, р. 173, 175], где рассматривается конкуренция между ними в системе исследований американских университетов (следуя этому обсуждению, термин «*академическая наука*» мы относим к характеристикам цели научного исследования – «незаинтересованности», непрагматичности) и «научного этоса» (по Мертону)³, что коррелирует с типом организации, занимающейся научными исследованиями, называемыми «академическими», – исследовательским университетом в США и академическим НИИ в России. Отметим, что

² Сплотный временной интервал лежит между открытием электромагнитных волн Герцем (1888 г.), первым приемником (Маркони, Попов, 1896 г.), первым применением «беспроводного телеграфа» (Маркони, 1904 г.), первым заводом, производящим радиоаппаратуру (Маркони, 1912 г.), первой широкоэвещательной радиостанцией (1920 г.). При этом радио – одна из самых быстро освоенных инноваций благодаря тому, что создать технику и суметь связать ее с практикой, постепенно развивая как технику, так и практику, сумел один и тот же человек – Г. Маркони.

³ Р. Мертон считал, что научный этос – система этических ценностей, регулирующих отношения между членами научного сообщества, включает в себя четыре ценностных императива: универсализм, коллективизм, бескорыстность и организованный скептицизм. Позднее к ним были добавлены еще два императива: рационализм и эмоциональная нейтральность.

взаимосвязь между прикладной и фундаментальной наукой в каскадной модели идет от второй к первой, хотя и возможно, что возникшее в рамках развития техники явление может оказаться столь интересным, что порождает новое направление фундаментальных исследований (как в случае «магнитной жидкости» [9; 14]).

Во второй половине XX в. возникает специальным образом *управляемое* тесное переплетение техники (технологии) с наукой и производством. Обозначим его понятием «технонаука». Под технонаукой будем понимать совокупность научно-технического ядра технонауки (ЯТН) и контура управления практической реализацией (КУПР). Под ЯТН мы подразумеваем управляемый взаимосвязанный комплекс стимулирующих друг друга научных практик и технологий, нацеленных на создание нового продукта, а под КУПР – управление взаимодействием ЯТН с ресурсами и потребителями, необходимыми для создания и внедрения этого нового продукта. ЯТН мы рассмотрим, анализируя атомный проект, в котором возникает его классическая форма. КУПР и его роль очень хорошо видны при сравнении атомного проекта и развития электроники в Кремниевой долине». Картины столь сильно различны, что можно говорить о двух разных типах технонауки, поэтому мы их обозначим как «технонаука-1» и «технонаука-2»⁴. Главное различие между ними, как мы полагаем, связано с разными типами КУПР и их окружения, которое назовем «экосистемой».

Атомный проект и ядро технонауки

Работы по созданию атомной бомбы являются одним из парадигмальных образцов нового типа смешения науки и техники и научно-технического управления, который мы называем *научно-техническим ядром технонауки*. Проанализируем его главные черты на примере одного из ключевых проектов Лос-Аламосской национальной лаборатории

⁴ Понятие «технонаука» появилось в конце 70-х годов XX в. Термин принадлежит, по-видимому, бельгийскому философу Ж. Оттуа, но в научном обиходе он утвердился в 80-е – 90-е годы благодаря получившим широкий резонанс публикациям Б. Латура, Д. Харауэй, П. Галисона, Э. Пикеринга, Х. Новотны и ряда других» [Андреев, Бутырин 2011, с. 197]. У упомянутых исследователей очень важную, если не центральную роль играют социальные факторы в виде многостороннего влияния общества. Мы их относим к «технонауке 3», наряду с «Mode 2» [20] и «постнеклассической наукой» В. С. Степина [12]. Степень их различия требует дополнительного анализа. Данная статья сосредотачивается на технонауке 1 и 2.

и в Манхэттенского проекта в целом⁵ – проекта по созданию плутониевой бомбы, работающей по принципу имплозии. Весьма подробно с научно-технической точки зрения этот проект описан в книге Л. Ходдесон и др. [18].

Ветвление проекта. Во-первых, отметим ветвление проекта, которое состояло в параллельной разработке разных вариантов решения одной проблемы на разных уровнях (в разных масштабах). Это требовало управленческих решений, касающихся выбора на всех уровнях проекта. Пример ветвления высокого уровня (широкого масштаба) – параллельная разработка *нескольких типов* бомбы с принципиально разным внутренним устройством: бомба-пушка, имплозивная бомба, термоядерная бомба «супер». Управленческие решения здесь касались выбора приоритетов проектов.

Первым альтернативным типом была «Бомба-Пушка» (Gun Bomb). Принципиальное устройство ее было следующим. Внутри бомбы содержится основная масса урана U-235, близкая к критической, и находится пушка, выстреливающая в нее урановым снарядом. В момент попадания снаряда масса становится критической и начинается цепная реакция атомов U-235, приводящая к взрыву. Бомба именно такой конструкции была сброшена на Хиросиму.

Вторым альтернативным типом была «Имплозивная Бомба» («Implosion Bomb»). Принципиальное устройство этой бомбы было более сложным. В его основе лежала идея о том, что цепная реакция в активном ядерном веществе (причем это не обязательно уран U-235) может произойти при сильном его сжатии. Первая такая бомба была испытана в пустыне Нью-Мехико в июле 1945 г., а вторая чуть позже была сброшена на Нагасаки⁶.

Третьим альтернативным типом, который также следует упомянуть, была бомба «супер». Параллельно с созданием атомной бомбы в Лос-Аламосе группа Теллера работала над термоядерной бомбой. Эта работа

⁵ Атомный проект СССР, по мнению историков и по воспоминаниям его непосредственных участников, был очень похож на американский как с организационной, так и с научно-технической точки зрения. Но материалы по американскому проекту более доступны. В США работы по атомному проекту были в основном рассекречены уже в 60–70-х годах XX в. (у нас – лишь в конце XX в.). Соответственно, американские историки могли подробно изучать собственный атомный проект, причем привлекая не только документы, но и еще достаточно свежие воспоминания непосредственных участников проекта.

⁶ У первой советской бомбы также был имплозивный тип конструкции. Такие бомбы составляли основу ядерного арсенала США и СССР в 50–60-х годах XX в.

велась в расчете на отдаленную перспективу и находилась вне центра внимания Лос-Аламосской лаборатории. К активной разработке термоядерного оружия приступили только после окончания Второй мировой войны.

Ветвление происходило и на следующем уровне. На гипотетическую возможность успешного функционирования перечисленных устройств указывали теоретические модели, созданные учеными в предшествующий период в 1941–1943 гг. Однако эти модели имели достаточно общий характер. Они не могли учесть огромного количества важных деталей, которые непосредственно влияли на возможность практического создания такого оружия. Эти детали лежали и в области теории, и в области эмпирических свойств радиоактивных веществ, и в инженерно-конструкторской области. Они прояснились в 1943–1945 гг. Соответствующие работы потребовали скоординированной деятельности десятков ученых и инженеров.

Параллельная работа. Во-вторых, постоянно велась параллельная работа над разными исследовательскими и техническими задачами. Так, весной 1945 г. на последней фазе разработки бомбы решалось одновременно несколько научно-технических задач, каждая из которых являлась критически важной для всего проекта: разрабатывались детонаторы, взрывные линзы, нейтронные запалы, плутониевые полусферы. Кроме того, на протяжении 1944–1945 гг. проводились исследования эффективных сечений радиоактивных элементов, химии и металлургии радиоактивных веществ, а также осуществлялось множество других научно-технических проектов.

Последовательность фаз. В-третьих, в проекте наблюдается одноуровневая последовательность фаз разработки: общая идея, ее теоретическое описание, экспериментальные проверки, переосмысление общей идеи ввиду найденных проблем.

Так, в проекте имплозивной бомбы научная идея цепной реакции нейтронов порождает общую идею бомбы. В ее рамках возникает научная идея имплозии. Предложенная для ее реализации первоначальная конструкция *Нидермайера* не выдержала экспериментальных проверок. Далее последовала техническая идея *фон Неймана*, основанная на его предыдущих научно-теоретических разработках. Теоретическое исследование этой модели показало ее перспективность, однако эксперименты обнаружили наличие нежелательных явлений, препятствующих ее реализации. В ответ на это со стороны ученых-теоретиков появляется условленная техническая идея *Кристи*, а инженеры улучшили ее добавле-

нием взрывных линз и сверхточных электронных детонаторов. Для описания усложненных составляющих бомбы потребовались новые теоретические модели и принципиально новые экспериментальные методы исследования (экспериментальный метод «RaLa»), которые показали качественные физические проблемы, связанные с такой конструкцией. Эти проблемы были решены инженерно-технически – путем введения в бомбу отдельного источника нейтронов. После этого, во многом благодаря организационным усилиям Оппенгеймера, была предложена и разработана *улучшенная конструкция Кристи*, в ядре которой находятся две плутониевые полусферы и специальный нейтронный запал, который создала отдельная команда ученых и инженеров.

Здесь, с одной стороны, мы имеем в разных комбинациях переходящие друг в друга научные и инженерно-технические исследования и технические изобретения, а с другой – на границе фаз происходит выбор дальнейшего направления развития проекта.

Полидисциплинарная работа. В-четвертых, важной характеристикой является полидисциплинарный характер работы в Лос-Аламосской лаборатории. Мы будем различать два типа полидисциплинарной работы: *кооперацию* и *коллаборацию*⁷.

Кооперативная работа специалистов из разных областей началась еще на старте проекта создания имплозивной бомбы в 1943 г. и продолжалась до середины 1944 г. Над задачами, связанными с разработкой идеи имплозивной бомбы фон Неймана, *кооперативно* работали несколько групп в разных отделах: инженерном (под руководством Нидермайера), теоретическом (под руководством Теллера), экспериментальном (под руководством Кистяковски). Каждая группа решала свои задачи: теоретики разрабатывали теорию бомбы в удобном для моделирования симметричном случае, экспериментаторы применяли разные методы для исследования процесса имплозии на различных тестовых

⁷ Обычно кооперацию отличают от коллаборации следующим образом. *Кооперация* означает работу с кем-то в смысле оказания ему помощи, предоставления ресурсов или информации, так чтобы тот, с кем кооперируются, легче и лучше решал свою задачу. *Коллаборация* означает совместную работу с кем-то, чтобы достичь общей цели. То есть можно сказать, что в режиме кооперации решаются разные подзадачи в рамках общей задачи, а в режиме коллаборации – все задачи являются общими (ввиду их, например, взаимозависимости). В обоих случаях работали специалисты из разных областей. При этом в первом случае осуществлялась, как правило, сборка требуемой комбинации средств (моделей и методов) из уже имеющихся в разных дисциплинах, а во втором – создавались новые средства, требуемые для решения возникших проблем.

образцах, а инженеры работали над усовершенствованием детонации и взрывных линз. Группы общались между собой и обменивались результатами, которые показали, что идея симметричной имплозии фон Неймана вряд ли реализуема. К 1944 г. выявилось множество проблем, которые группы, действуя по отдельности, решить были не в силах. Во-первых, это асимметричности, возникающие из-за интерференции взрывных волн в ядре устройства. Во-вторых, это невозможность экспериментально подтвердить наличие кратковременного сжатия ядра бомбы при имплозии. В-третьих, это экспериментально найденная в британском проекте проблема рисков неэффективности сжатия при давлении на ядро бомбы газами легких веществ. В-четвертых, это открытое в 1944 г. явление спонтанного распада плутония, сильно влияющее на ход цепной реакции. В середине 1944 г. в Лос Аламосской лаборатории возник кризис, который почти похоронил надежды на создание имплозивной бомбы.

Для того чтобы конструктивно преодолеть возникшие проблемы, потребовалось изменить принцип работы лаборатории. В результате кризиса Оппенгеймер существенно реформировал рабочие группы и переформулировал их приоритеты. Так как работы по урановой «Бомбе-Пушке» выходили на финишную прямую, он сфокусировал деятельность лаборатории на проекте имплозии и на решении всех связанных с этой идеей, казалось бы, непреодолимых проблем. Если ранее лаборатория была организована вокруг решения отдельных научных и технических задач, то в соответствии с новым принципом организации работа строилась вокруг конечного продукта: «Бомбы-Пушки» или имплозивной бомбы [18]. Больше не было различных научных или инженерных отделов, специалисты стали работать сплоченно для решения проблем проекта и поиска новой конструкции бомбы.

Это привело к существенному сдвигу в работе. Несмотря на неопределенность относительно осуществимости проекта имплозивной бомбы, в течение шести месяцев после реорганизации в августе 1944 г. центральный вопрос сместился от «возможна ли имплозивная бомба?» к «как ее сделать?» [18].

Так, для решения проблемы экспериментальной проверки сжатия был совместно разработан экспериментальный метод «RaLa» (от названий элементов: радий и лантан), когда в центр устройства устанавливался источник гамма-лучей и измерение их интенсивности по всей сфере вокруг взрыва позволяло исследовать процессы, идущие при сверхвысоких давлениях и температуре. Это стало поворотной точкой для развития метода имплозии. Подготовка такого эксперимента была большой науч-

но-технической программой: требовалось создать соответствующий источник гамма-излучения, детекторы и т.д.

Экспериментальную программу «RaLa» можно назвать наиболее ярким примером полидисциплинарных исследований в Лос-Аламосе. Здесь должны были соединить свои усилия группы металлургов, которые готовили металлические сферы, химиков, которые производили лантан, теоретиков, которые помогали в планировании и расчете затуханий гамма-лучей, электротехников, которые создавали приборы, и специалистов по взрывчатке, которые разрабатывали детонаторы. В результате была получена важная информация о процессе имплозии в зависимости от размеров изделия, его форм и используемых материалов [18].

Однако эксперименты показали отсутствие сжатия тестовых образцов, выполненных согласно конструкции фон Неймана. Неожиданно помощь пришла от группы теоретиков, которые начиная с лета 1944 г. активно моделировали асимметричную имплозию. Один из сотрудников группы, Кристи предложил новую, намного более сложную конструкцию бомбы. Он предложил использовать наполненную, а не полую сферу плутония, для того чтобы уменьшить влияние побочных эффектов, возникающих из-за асимметричности имплозии [18]. Команда экспериментаторов «RaLa» с энтузиазмом подхватила идею. Однако положительные результаты, а именно наличие компрессии ядра, эксперименты «RaLa» показали только в феврале 1945 г., когда стали применяться более совершенные детонаторы.

Если программа «RaLa» требовала в основном кооперативной работы (разные группы помогали основной группе экспериментаторов), то последующие реализация предложенной Кристи конструкции устройства, ее усовершенствование и доработка осуществлялись в режиме *коллаборации*, когда над научно-техническими проблемами, неминуемо возникшими после отказа от конструкции фон Неймана, работала уже вся лаборатория.

Научно-техническое управление. В-пятых, масштабность и сложность проекта, наличие множества подпроектов, их фаз, сложность и новизна самих задач требовали специального научно-технического управления, обеспечивающего постоянный выбор фокусов исследований в ситуации отсутствия гарантий, что данный выбор ведет к нужному результату (т.е. выбор осуществлялся на основе экспертной оценки, а не на основе железных научных аргументов). Поэтому в ядре технонауки к сложному научно-техническому процессу добавляется дополнительный контур научно-технического управления, в котором выбираются

конкретные направления развития и ведется поиск людей, способных их реализовать. У этого контура есть руководитель. В советском атомном проекте контур научно-технического управления возглавлял И.В. Курчатов, в американском – Р. Оппенгеймер.

Контур управления практической реализацией в технонауке-1

В силу своей сложности, масштабности, необходимости привлечения больших ресурсов и наличия сложных технических требований, включая время на получение нужного технического продукта (изделия), атомный проект содержит еще один внешний по отношению к ядру технонауки контур, который мы называем *контуром управления практической реализацией*. В его компетенции находятся конечные цели и технические требования к продукту-результату и необходимые ресурсы. У этого контура тоже есть свой руководитель. В советском атомном проекте его возглавлял министр (нарком) внутренних дел Л.П. Берия, в американском – генерал Л. Гровс.

В атомном проекте руководитель этого контура управления выступает лишь полномочным представителем государства-заказчика, которое является конечным владельцем ресурсов (открывает к ним доступ) и пользователем продукта, имеющим существенную политическую составляющую. Поэтому *государство* занимает особое место⁸. В атомном проекте от заказчика-потребителя исходили лишь общие требования, главным образом к времени выполнения проекта и затраченным ресурсам. Особых требований к деталям проекта со стороны Гровса (военных) и государства было не так много. Единственное существенное требование, упомянутое в литературе, – чтобы бомба влезла в бомбардировщик.

Контур управления практической реализацией играет ведущую роль в ресурсном обеспечении проекта и в организации сборки финального продукта (включая документацию). Требования к проекту и другие ключевые решения принимались совместно представителями обоих контуров управления. Так, в Лос-Аламосе, на регулярной основе (раз в несколько месяцев) проводились совещания Оппенгеймера и других научных лидеров с генералом Гровсом и его советниками. Гровс принимал участие в принятии решений, т.е. в текущем управлении проектом, как

⁸ В других, более поздних случаях его место может занимать министерство или корпорация.

представитель государства-заказчика. Его компетенции и функции были другими, чем у Оппенгеймера, он отвечал за обеспечение принципиально ограниченными⁹ разнообразными ресурсами (включая время), необходимыми для выполнения проекта. Важным моментом здесь являлось то, что ресурс не был заданным, во многом он создавался параллельно проекту, что требовало особого управления, входящего в этот второй контур.

Нам представляется, что ядро технонауки, порожденное атомным проектом, оставалось примерно постоянным на протяжении 50-х – 80-х годов XX в., в то время как контур управления практической реализацией технонауки принимал различные формы.

Контур управления практической реализацией и экосистема в технонауке-2

Следующий тип управляемого переплетения технологии с наукой и производством появился в 1960-1970-х годах в США в Кремниевой долине. Этот тип стал основой постиндустриальной инновационной экономики, которую неплохо демонстрируют первопроходцы – компании «Fairchild Semiconductors» и «Intel» [11].

В этих фирмах также работают полидисциплинарные коллективы, совместно решающие сложные задачи по созданию новых технологий. Здесь мы тоже выделяем ядро технонауки, которое по масштабам задействуемых материальных и человеческих ресурсов много меньше, но по типу такое же. Здесь тоже можно увидеть выделенные выше характерные черты. То есть здесь используется полученный в технонауке-1 опыт организации, содержащийся в ЯТН. Радикальные изменения происходят в контуре управления практической реализацией.

Во-первых, в сравнении с атомным проектом меняется тип самого продукта. В атомном проекте в качестве продукта выступала пара «изделие плюс технология», теперь продуктом становится *высокая технология* для производства высокотехнологичного изделия, например спе-

⁹ Хотя при сравнении с другими проектами он часто воспринимался как безграничный, ибо в силу его особой государственной важности на его реализацию мобилизовывался ресурс всего государства. Однако большой (но не безграничный) финансовый (и административный) ресурс не способен преодолеть такие важные ресурсные ограничения, как время, редкие специалисты, редкие материалы (например, обогащенный уран или плутоний).

цифические транзисторы для систем радиолокации или микропроцессоры для ЭВМ.

Во-вторых, меняется тип заказчика и источника ресурсов. Ответственность за реализацию продукта и обеспечение необходимыми ресурсами берет на себя *предприниматель* (а не государство). Он же осуществляет функции руководителя внешнего контура управления практической реализацией и часто, особенно на ранних этапах предприятия, – руководителя контура научно-технического управления. В технонауке-2 эти контуры, как правило, менее четко разведены, особенно на ранних этапах предприятия. Термин «предприятие» здесь более подходит, чем «проект», поскольку он в большей мере отвечает степени риска, который берет на себя предприниматель, и двойственности процесса: с одной стороны, возникает предприятие как организация-фирма, с другой – осуществляется доведение идеи до готового к применению продукта.

Приобретателем продукта здесь выступают компании, производящие высокотехнологические изделия. Источником материальных ресурсов является инвестиционный капитал, в первую очередь венчурный. То есть место государства как потребителя занимает *рынок высоких технологий*, а как инвестора – *рынок инвестиций*. Потребитель продукта (заказчик) здесь оказывается, с одной стороны, намного более взыскательным, а с другой – намного менее определенным. Большая часть технических и нетехнических требований к разрабатываемым системам оказывается скрытой от разработчика. Другими словами, заказчик представляет только в общих чертах, что именно он хочет, но готов платить только за то, что ему понравится¹⁰.

Таким образом, для технонауки-2 остаются в силе линии развития фундаментальной науки и технологии и их связь с ЯТН, внешний контур управления практической реализацией, по сути, сводится к предпринимателю (индивиду или коллективу), а все остальные элементы образуют *экосистему*. Последняя состоит из: 1) производящих высокотехнологические изделия компаний, составляющих *рынок высоких технологий*; 2) *сообщества инвесторов*; 3) *академических учреждений* – мест обитания и деятельности ученых, инженеров и предпринимателей (в США это в первую очередь исследовательские университеты) и этоса науки (по Мертону); 4) корпоративного этоса, включая атмосферу «золотой лихо-

¹⁰ В так называемых «гибких» методологиях *последовательность фаз* используется для того, чтобы представлять прототипы заказчику и получать обратную связь, выявляя скрытые требования проекта.

радки», соревнования и жажды успеха (характерных для США [6]); 5) косвенного присутствия *государственной власти* (региональной и федеральной) через законы, налоги и стимулирующие программы. Важным моментом здесь является активная позиция предпринимателя по отношению ко всем элементам этой экосистемы.

В такой экосистеме типичная успешная *фирма* проходит следующие стадии: формулирования базовой идеи; консолидации вокруг нее полидисциплинарной пассионарной группы во главе с лидером, становящимся предпринимателем; реализации базовой идеи и ее воплощения в продаваемый продукт; гонки улучшений, чтобы не отстать от конкурентов; отпочкования новых предприятий.

Пример реализации технонауки-2

Рассмотрим этот путь на примере компаний «Fairchild Semiconductors» и «Intel» [11].

В 1955 г. У. Шокли, один из создателей транзистора и Нобелевский лауреат, уйдя из компании «Bell Labs», основал в Пало-Альто собственную компанию – «Shockley Transistor Laboratories». «Шокли пустил слух, что решил создать самые продвинутые транзисторы в индустрии... и что он ищет лучших и самых ярких молодых ученых, которые помогут ему изменить мир» [11, с. 15]. Он «получил ответ в виде бури резюме, из которых он выбрал восемь молодых людей с необычайными – как покажет история – талантами, включая двоих с потенциалом мирового уровня» [Там же, с. 78]. Однако его характер и стиль руководства, в первую очередь отсутствие доверия к работе сотрудников, препятствование их творческим начинаниям, привели к тому, что талантливые сотрудники от него сбежали. При этом им «нравилось работать вместе», и благодаря личным связям, везению и особой способности их лидера – Б. Нойса убеждать людей, им удалось заинтересовать будущего первопроходца в сфере венчурного капитала А. Рока, который увидел в этом (и убедил своего босса Б. Койла – владельца Компании «Hayden/Stone») «возможность опробовать новую инвестиционную модель, которую они разработали: Hayden, Stone & Company в этой модели не являлась прямым инвестором, она была бы посредником между корпоративными инвесторами и этой новой командой» [Там же, с. 19]. В результате им предложили создать свою собственную компанию – «Hayden/Stone» согласилась найти им кредитора (поскольку «восьмерке» было еще нечего реально предъявить) [Там же].

Удача в поиске инвестора пришла к Року лишь на дополнительной 31-й попытке (исходный список содержал 30 кандидатур). Это была компания «Fairchild Camera & Instrument». Основатель компании, Шерман Фэйрчайлд, сам по себе был легендарным любителем рискованных предприятий. Можно сказать, прототип сегодняшних предпринимателей в области высоких технологий. Покоренный Нойсом владелец «Fairchild Camera and Instrument» на инвестиции решился. Официально ее владельцами стали «Вероломная восьмерка» и «Hayden, Stone & Company», но у Шермана было право выкупить ее по прошествии пяти лет. Маленькая новая фирма получила название «Fairchild Semiconductor» и стала филиалом FC&I» [Там же, с. 20].

Из этой истории видно, как много потребовалось упорства и незаурядных способностей в сочетании с везением, чтобы компания родилась (сегодня эта стадия называется «стартапом»). «К началу 1958 года компания выиграла (среди прочих крупных конкурентов, включая Texas Instruments) правительственный контракт США на поставку транзисторов для систем наведения баллистических ядерных ракет “Минитмэн” (большой контракт от IBM). У компании быстро появились планы на то, чтобы разбогатеть и стать лидирующим поставщиком транзисторов для военных и NASA» [Там же, с. 21].

Дальнейшая история компании – это постоянная борьба за лидерство путем внедрения все новых усовершенствований и изобретений. «Безжалостная погоня и неусыпное продвижение вперед в стремительно эволюционирующем мире цифровых технологий на самом базовом уровне... И эта погоня для компании (это говорится об «Intel», но применимо и к ее предшественнице, и к ее последователям. – *Авт.*) превратилась в веселую гонку за огромными богатствами, не раз необратимо меняя компанию во многих аспектах» [Там же, с. 34]. Ядро этих разрабатывавшихся компаний составляла «горстка предпринимателей, руководителей и ученых».

В этой гонке родились и «планарная технология» Хоурни, и «интегральная цепь» Нойса (созданная в соревновании с Килби), и многое другое. «История Fairchild в этот период – это история о том, как блестящие изобретения закономерно разбивают все, что более крупные конкуренты ей противопоставляют» [Там же, с. 22]. «Компания Fairchild назвала проект Нойса “интегральной цепью” – IC, чип с интегральными схемами, – и это привнесет кремний в Кремниевую долину, как будет назван регион спустя десять лет...» [Там же, с. 23]. «Интегральная цепь изменила все. К этому моменту Fairchild Semiconductor была самой по-

пулярной компанией в истории индустрии транзисторов, бессистемной успешной компанией, несбалансированной в своих инновациях и риске, который на себя берет. ...Вполне возможно, здесь была самая плотная концентрация научных и деловых талантов» [11, с. 25]. Лидером компании, безусловно, был Нойс. Он стал «человеком, назначенным для того, чтобы придумать, как стандартизировать производство новых проектов в лаборатории так, чтобы они были приспособлены для массового производства на заводе» [Там же, с. 27].

«Небольшое подразделение в Калифорнии не просто создавало инновационные продукты, но было целой новой корпоративной культурой – с совершенно другими понятиями успеха и другими ожиданиями будущего компании»¹¹ [Там же, с. 18]. *«Эти парни здесь работали. Они не отличались от нас – уж точно не были умнее. И теперь посмотрите на них. Они богаты. Чем мы хуже?»* [11, с. 30].

«Сотрудники Fairchild были готовы к тому, чтобы стать известными и вечными Детями Fairchild, диаспорой из сотен бывших сотрудников Fairchild... которые оставляют компанию в течение нескольких последующих лет, чтобы основать свои фирмы по всей территории Долины»¹². ...Первые несколько быстро превратились в дюжину, а затем – в сотни бывших сотрудников Fairchild, старающихся застолбить участок там, куда стремительно приходила кремниевая золотая лихорадка. А в процессе, между 1967 и 1973 годами, они создали не только громадное и благоприятное объединение в области бизнеса и технологии, но также самый большой инкубатор для новых компаний, прежде не существовавший во всем мире. К середине 1970-х можно было начать с идеи на клочке бумаги, а затем собрать достаточно доморощенных талантов и найти поддержку для чего угодно» [Там же, с. 47–48]. Лидером среди

¹¹ «Эгалитарная и часто спартанская рабочая культура» включала в себя энтузиазм гонки («золотая лихорадка»), порождавшая добровольную 80-часовую рабочую неделю, предполагала отсутствие характерной для Восточного побережья социальной и организационной иерархии, «от которых многие сбежали в Калифорнию», предусматривала возможность творческой инициативы независимо от занимаемой должности, самоорганизацию и связанную с ней готовность к смене функций (деятельности). Данный процесс начался во время войны в фирме Хьюлетта и Паккарда, но в «Fairchild» все это сильно развилось. Интересно, что похожая по типу эгалитарная культура развивалась и в новосибирском Академгородке, где место Нойса занимал академик Лаврентьев, а место «Восточного побережья» – Москва, Ленинград и столицы республик [13].

¹² Подобный процесс позже в биотехнологии инициировала компания «Genentech» [16, p. 303].

«детей Fairchild» стала «Intel», созданная основателями и лидерами «Fairchild» – Нойсом, Муром и Гроувом.

Эта культура стала распространяться по США и другим развитым странам¹³. Такой подход к инновациям оказался более гибким и динамичным, чем мегапроекты типа атомного. Инновационные компании создают разветвленные цепи добавленной стоимости, что приводит к большому разнообразию и относительной дешевизне итоговой высокотехнологичной продукции.

Отечественные модификации «технонауки 1»

Новые отрасли. В СССР тоже предпринимались попытки «вырастить» новый вид технонауки, например в форме наукоградов. Однако, на наш взгляд, они свелись к модификациям технонауки-1. Рассмотрим два известных примера: новосибирский Академгородок и Зеленоград. Зеленоград – это наш ответ на Кремниевую долину в виде создания новой подотрасли. Этот проект очень напоминает атомный (и по типу принятия решения «догнать и перегнать», и по способу реализации, и по помощи разведки, но масштаб значительно меньше). Он тоже был связан с «развитием оборонного комплекса, в первую очередь ракетного оружия» [3], требовавшего электронной базы.

«Проблема построения и развития отечественной микроэлектроники стала национальной задачей...», – пишет Б. Малашевич. – Определялись главные задачи ЦМ (центра микроэлектроники. – *Авт.*) как головной организации в стране по микроэлектронике: – обеспечение разработок и опытного производства ИС (интегральных схем. – *Авт.*) на мировом техническом уровне (догнать Америку) в интересах обороны страны и народного хозяйства... Создание ЦМ было... частью масштабной программы построения новой подотрасли – микроэлектроники... В Москве, Ленинграде, Киеве, Минске, Воронеже, Риге, Вильнюсе, Новосибирске, Баку и других регионах началось перефилирование имеющихся или создание новых НИИ с опытными заводами и серийных заводов с КБ. Первые должны были разрабатывать, а вторые массово производить ИС, специальные материалы

¹³ Этот процесс описывается как построение инновационных кластеров. Одна из популярных схем такого построения – введенная Исховицем модель «тройной спирали» (наука – бизнес – государство). Но при этом часто не различают «технонауку 1» и «технонауку 2».

и специализированное технологическое и контрольно-измерительное оборудование... Благодаря такой концентрации ресурсов результаты Минэлектронпрома, и в первую очередь его НЦ, многие годы неплохо смотрелись на уровне мировой микроэлектроники... В 1976 американцы писали, что в микроэлектронике мы отстаем от них на 8 лет... Изучив в 1979 году несколько наших схем, американцы оценили это отставание в 2–2,5 года... В целом в период с 1964 по 1980 год отставание разработок в НЦ по различным типам ИС по сравнению с зарубежным уровнем колебалось в пределах от нуля до трех лет. Иногда вырывались вперед... Таким образом, можно утверждать, что разработки зеленоградского НЦ в те годы в целом соответствовали мировому уровню. Его выходы на международные выставки вызвали, как правило, удивление зарубежных специалистов» [10, с.106, 109–110].

Таким образом, новая подотрасль и соответствующее министерство выполнили функцию контура реализации. Однако к концу 1980-х годов ресурсов на исследования и разработку нового стало не хватать из-за увеличения масштаба и разнообразия производства и началось отставание. Во многом это было связано не только с дефицитом ресурсов и кризисом советской экономики, но и с относительной неповоротливостью созданной для подотрасли бюрократической машины¹⁴.

То есть методы технонауки-1, доступные в условиях вертикальной организации государственной власти, позволяют догнать зарубежных конкурентов, а на некоторое время и перегнать их в заданном направлении, но через какое-то время роста и ресурсы, и энтузиазм начинают иссякать и начинается отставание (если это не обозначается как оборонная задача номер один, как в случае ядерного и ракетного оружия, где паритет держится очень долго).

Отраслевые инновации. Другой интересный (показательный) пример – это опыт новосибирского Академгородка, где в 1960-х годах была реализована структура, близкая к той, которая сформир-

¹⁴ «Такие масштабные задачи, как создание научного центра, решались только на основании постановления ЦК КПСС и Совмина СССР, а для этого требовалось согласие первого секретаря ЦК КПСС и председателя Совмина Н.С.Хрущева ... После множества согласований 8 августа 1962 года постановление ЦК КПСС и Совмина СССР было подписано» [10, с. 105–106]. То есть от осознания необходимости создания подотрасли микроэлектроники до принятия решения об организации научного центра прошло лишь около двух лет.

ривалась вокруг Стэнфордского университета перед появлением Кремниевой долины [13]. Здесь имели место два типа попыток создания аналогов фирм технонауки-2 на основе связи групп ученых и инженеров с отдельными крупными высокотехнологичными предприятиями региона.

Первая попытка была осуществлена в форме так называемого пояса внедрения. «Схема была такая: институт дает научную идею, министерство строит неподалеку от Академгородка КБ, дает своих людей, мы – своих, авторов идеи и молодежь, кончающую университет. Все они вместе “доводят изделие” (до технологической готовности. – *Авт.*)» [4]. Однако при реализации этого проекта слишком большими оказались бюрократические издержки (на согласование положений, регулирующих создание и работу новых КБ, ушло около 10 лет) и механизм, по сути, не заработал.

Вторая попытка была осуществлена в форме «выхода на отрасль». Глава СО АН СССР М.А. Лаврентьев описал ее так: «...В Сибирском отделении... сформировался принцип “выхода на отрасль”. Он состоит в том, что внедрение научных разработок наиболее целесообразно вести на крупных, головных предприятиях (а не в КБ. – *Авт.*), которые осваивают новшество, а затем при поддержке министерства распространяют его на всю свою отрасль» [Там же]. Тогда министерство отвечает за создание контура и реализации проекта. Однако, как отмечал М.А. Лаврентьев, у данной схемы есть свои недостатки. «Следующий этап будет еще сложнее – ведь наиболее крупные идеи, революционизирующие производство, часто не вписываются в одну отрасль, а требуют перестройки целого ряда отраслей. Проблемы такого уровня можно решать только в государственном масштабе» [Там же], а не на уровне министерства.

То есть, во-первых, обе попытки, по сути, не ушли дальше схемы технонауки-1 министерского (отраслевого) масштаба, в то время как фирмы технонауки-2 внеотраслевые и могут порождать новые отрасли. Во-вторых, эти попытки показали, что схема технонауки-1 работает только «сверху вниз», когда у государства есть очень большая заинтересованность в получении определенного продукта (в России он, как правило, связан с военной сферой). Реализовать крупный проект как инициативу снизу, что пытались сделать в новосибирском Академгородке, ни по схеме технонауки-1, ни по схеме технонауки-2 в экосистеме, основанной на министерствах, невозможно.

О соотношении технонауки, фундаментальной науки и «большой науки»

В заключение отметим, что структура ЯТН говорит об отношениях между фундаментальной наукой и технонаукой. Предполагается, что первая продолжает развиваться самостоятельно по своей логике и слугит одним из ресурсов для развития второй. Но существует ли обратное влияние второй на первую и если существует, то насколько оно сильно? Рассмотрим формы этого воздействия.

Во-первых, как и в случае каскадной схемы, возможно, что нечто полученное в прикладных исследованиях в рамках технонауки порождает свою линию развития в фундаментальной науке. Во-вторых, как это было и раньше, в фундаментальную науку могут поступить принципиально новые технические средства для экспериментирования. В рамках этого типа воздействия во второй половине XX в. в рамках фундаментальной науки рождаются «большой эксперимент» и «большая наука».

Согласно Encyclopedia Britannica, «*большая наука*» характеризуется *крупномасштабными инструментами и установками*, финансируемыми государственными или международными структурами, а исследования проводятся командой или группой ученых и инженеров. К самым известным проектам «большой науки» относятся ускоритель в CERN, телескоп «Hubble» [15]. Создание таких крупномасштабных инструментов и установок (оборудования) очень похоже на проект технонауки-1¹⁵. В этом случае наука и техника меняются местами: место научных средств и исследований займут технические, внешними окажутся линии развития техники, а место нового типа технического изделия займет оборудование, которое будет развивать одну из линий фундаментальной

¹⁵ М.А. Деннис полагает, что стиль научного исследования, который развился во время и после окончания Второй мировой войны, определил организацию и характер многих исследований в физике, астрономии и, позднее, в биологии [15], а Д.Ф. Джудиче считает началом «большой науки» Манхэттенский проект и в качестве характерных черт первой приводит следующие черты второго: «В проект вовлечено большое число ученых, его цели четко определены, хотя он и требует выхода за пределы известного в науке и технике. На осуществление проекта выделены большие средства, но поставленные цели должны быть достигнуты в установленный период времени. Ученые должны приспособиться работать в междисциплинарных группах, которые... включали физиков-теоретиков и физиков-экспериментаторов попеременно с инженерами и математиками. Наконец, проект находится под прямым контролем административных органов, не являющихся частью научного окружения проекта» [2].

науки. Естественно, что все характеристики ЯТН и контура реализации при этом остаются.

При таком взгляде «большая наука» – это часть чистой науки, где используется «большое оборудование»¹⁶ и ставятся «большие эксперименты», являющиеся такого же типа проектами¹⁷. Насколько фундаментальная наука смещается в сторону такой «большой науки» – вопрос, требующий особого рассмотрения.

* * *

Итак, во второй половине XX в. в развитии техники и технологии процесс естественно-исторического типа, когда эпизодически внедряются в производство сделанные одиночками изобретения и их усовершенствования, использующие науку, сменяется целенаправленным, управляемым процессом производства масштабных технологических инноваций в сложноорганизованных полидисциплинарных коллективах ученых, инженеров и изобретателей, с самого начала ориентированных на потребителей создаваемой инновации. Этот тип развития технологии, в рамках которого техника и наука сложно переплетаются и управляются, мы обозначили как *технонауку*. В ней мы выделили *ядро*, где происходит указанное управляемое сложное переплетение науки и техники, и *контур управления практической реализацией*. Разнообразие видов последнего служит основанием для различения типов технонауки, в первую очередь технонауки-1 и технонауки-2, образцами которых выступают атомный проект середины XX в. и рожденная в Кремниевой долине новая форма развития высокотехнологичных инноваций.

При этом, несмотря на тесное переплетение науки и технологии, фундаментальная наука не поглощается технонаукой, а развивается па-

¹⁶ Сегодня подобное сложное оборудование имеет двойное – и научное и техническое – назначение и используется как в науке, так и в технике. Ярким примером здесь является электронный микроскоп, непосредственно применяемый не только в науке, но и в нанотехнологиях (аналогичная ситуация может иметь место в современной фармакологии и медицине). На это указывает В.Г.Горохов, который рассматривает это качество как важнейший признак технонауки [1, с. 38].

¹⁷ Эксплуатация сложного оборудования напоминает работу фабрики, что является еще одним отличием «большого эксперимента» от «классического». В рамках «большого эксперимента» могут возникать нежелательные вырожденные случаи, которые рассматриваются в [19] и называются «меганаукой».

раллельно ей, хотя относительная доля ученых, занимающихся фундаментальной наукой, резко уменьшается на фоне столь же резкого увеличения их абсолютного количества. Фундаментальная «незаинтересованная» наука и ее этос продолжают существовать, что хорошо видно из дебатов о ее месте в американских исследовательских университетах [16]. Более того, под воздействием опыта технонауки-1 внутри фундаментальной науки возникает феномен «большого эксперимента», порождающего «большую науку».

Проведенный анализ показывает, что единицы, в которых могут существовать и развиваться технонаука-1 и технонаука-2, образуются вне академических учреждений науки (вне исследовательских университетов в США и вне академических институтов в России). Это либо большие лаборатории, созданные государством или корпорацией, по типу лаборатории, разработавшей радар, либо фирмы типа «Intel» или «Gentech». Для их создания нужны академические учреждения, из которых берутся знания, технические умения, оборудование и которые далее организуются и трансформируются внутри этих единиц нового типа. Важно, что последние надстраиваются над первыми, образуя еще один этаж по отношению к ним, и требуют их для своего существования, а не вытесняют их.

В России, несмотря на большие изменения по сравнению с СССР, условия, необходимые для развития технонауки-2 сложились, возможно, лишь для сферы ИТ. Поэтому в других современных областях высоких технологий, таких как нанотехнологии, фармацевтика и медицина, мы можем рассчитывать лишь на такие же догоняющие модификации технонауки-1, которые продемонстрировал Зеленоград.

Литература

1. *Горохов В.Г.* Технонаука – новый этап в развитии современной науки и техники // Высшее образование в России. – 2014. – № 11. – С. 37–47.
2. *Джудиче Д.Ф.* Большая наука и Большой адронный коллайдер // Дубна: наука, содружество, прогресс: Ежедельник ОИЯИ. – 2012. – № 4–8.
3. *Камакин А., Замахин А.* Кремниевая долина России // Итоги. – 2012. – № 23.
4. *Лаврентьев М.А.* ...Прирастать будет Сибири. – Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1982. – 175 С.
5. *Латур Б.* Наука в действии. – СПб.: Изд-во Европейского университета, 2013.
6. *Липкин А.И.* Субцивилизационная специфика США. 1: Американский индивидуализм // Культура и искусство. – 2014. – № 6 (24). – С. 618–633.

7. Липкин А.И. Субцивилизационная специфика США. 2: Специфические формы американского индивидуализма и коллективизма // Культура и искусство. – 2015. – № 3 (27). – С. 235–245.
8. Липкин А.И., Федоров В.С. Место и роль науки в контексте технических проектов XX века // Российский гуманитарный журнал. – 2015. – Т. 4. – № 5. – С. 321–338.
9. Максимов Т.В., Клюкин Т.В., Максимов В.А. Магнитные жидкости: перспективы применения в уплотнениях валов компрессорных машин // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 5. – С. 167–170.
10. Малашевич Б. Зеленоградский центр микроэлектроники: создание, расцвет, закат // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2007. – № 1. – С. 104–112.
11. Мэлоун М. The Intel: Как Роберт Нойс, Гордон Мур и Энди Гроув создали самую влиятельную компанию в мире. – М.: Эксмо, 2015. – 528 с.
12. Степин В.С. Теоретическое знание. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 744 с.
13. Федоров В.С. Академгородок и Стэнфорд: наука и производство инноваций в экосистемах 50-х – 70-х годов XX века // Философия науки. – 2017. – № 1 (72). – С. 114–130.
14. Шлиомис М.И. Магнитные жидкости // Успехи физических наук. – 1974. – Т. 112. – № 3. – С. 427–458.
15. Dennis M.A. Big Science / Encyclopedia Britannica / Ed. By D. Holberg. – Chicago, 2007.
16. Geiger R.L. To Advance Knowledge: The Growth of American Research Universities, 1900–1940. – London: Transaction Publishers, 2004.
17. Godin B. The Linear Model of Innovation. The Historical Construction // Science, Technology, & Human Values. – 2006. – V. 6, I. 31. – P. 639–667.
18. Haddeson L., Henriksen P.W., Meade R.A., Westfall C.L. Critical Assembly: A Technical History of Los Alamos during the Oppenheimer Years, 1943–1945. – Cambridge: Cambridge University Press. – 2004. – P. 528.
19. Haddeson L., Kolb A.W., Westfall C. Fermilab. Physics, the Frontier, and Megascience. – Chicago and London: The University of Chicago Press. – 2008. – P. 497.
20. The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies / Gibbons M., Limoges C., Nowotny H. et al. – London: SAGE, 1994.
21. Weinberg A.M. Impact of Large-Scale Science on the United States // Science. – 1961. – V. 134, No. 3473. – P. 161–164.

References

1. Gorokhov, V.G. (2014). Technonauka – novyy etap v razvitiy sovremennoy nauki i tekhniki [Techno-science is a new step in the development of science and technology]. Vyshee obrazovanie v Rossii [Higher Education in Russia], 11, 37–47.
2. Dzhdiche, D.F. (2012). Bolshaya nauka i Bolshoy adronyy kollyayder [Large-Scale Science and the Large Hadron Collider]. Dubna: nauka, sodruzhestvo, progress. Ezhenedelnik OIYaI [Dubna: Science, Fraternity, Progress. Weekly Journal of JINR], 4-8.
3. Kamakin, A. & A. Zamakhin. (2012). Silikonovaya dolina Rossii [Russia's Silicon Valley]. Itogi [The Results], 23.
4. Lavrentjev, M.A. (1982). ...Prirastat budet Sibiryu. [...Will Grow with Siberia]. Novosibirsk, Zap.-Sib. kn. izd-vo [West-Siberian Publ. House].

5. *Latour, B.* (2013). *Nauka v deystvii* [Science in Action]. St. Petersburg, European University Press. (In Russ.).
6. *Lipkin, A.I.* (2014). Subtsivilizatsionnaya spetsifika SShA. 1: Amerikanskiy individualizm [Subcivilization specifics of the USA. 1: American individualism]. *Kultura i iskusstvo* [Culture and Art], 6 (24), 618–633.
7. *Lipkin, A.I.* (2015). Subtsivilizatsionnaya spetsifika SShA. 2: Spetsifichnye formy amerikanskogo individualizma i kollektivizma [Subcivilization specifics of the USA. 2: Specific forms of American individualism and collectivism]. *Kultura i iskusstvo* [Culture and Art], 3 (27), 235–245.
8. *Lipkin A.I., & V.S. Fedorov.* (2015). Mesto i rol nauki v kontekste tekhnicheskikh proektov XX veka [The role of science and technology in the context of technological projects of the 20th century]. *Rossiyskiy gumanitarnyy zhurnal* [Russian Journal for Humanities], Vol.5, No. 5, 321–338.
9. *Maksimov, T.V., T.V. Klyukin & V.A. Maksimov.* (2013). Magnitnye zhidkosti: perspektivy primeneniya v uplotneniyakh valov kompressornykh mashin [Magnetic fluids: prospects for their application in densifying shafts of compression machines]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological Univeristy], Vol.16, No. 5, 167–170.
10. *Malashevich, B.* (2007). Zelenogradskiy tsentr mikroelektroniki: sozдание, rastsvet, zakat [Zelenograd Center for Microelectronics: its creation, dawn and sunset]. *Elektronika: Nauka, Tekhnologiya, Biznes* [Electronics: Science, Technology, and Business], 1, 104–112.
11. *Malone, M.* (2015). *The Intel Trinity: How Robert Noyce, Gordon Moore, and Andy Grove Built the World's Most Important Company.* Moscow, Eksmo Publ. (In Russ.).
12. *Stepin, V.S.* (2000). *Teoreticheskoe znanie* [Theoretical Knowledge]. Moscow, Progress-Traditsiya Publ.
13. *Fedorov, V.S.* (2017). Akademgorodok i Stenford: nauka i proizvodstvo innovatsiy v ekosistemakh 50-kh – 70-kh godov XX veka [Akademgorodok and Stanford: science and innovation production in ecosystems in 1950s till 1970s]. *Filosofiya nauki* [Philosophy of Science], № 1(72), 114–130.
14. *Shliomis, M.I.* (1974). Magnitnye zhidkosti [Magnetic fluids]. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Progress in Physical Science], Vol. 112, No. 3, 427–458.
15. *Dennis, M.A. & D. Holdberg* (Ed.). (2007). *Big Science.* Encyclopedia Britannica. Chicago.
16. *Geiger, R.L.* (2004). *To Advance Knowledge. The Growth of American Research Universities, 1900–1940.* London, Transaction Publ.
17. *Godin, B.* (2006). The linear model of innovation: the historical construction. *Science, Technology, & Human Values.* Vol. 6, Iss. 31, 639–667.
18. *Hoddeson, L., P.W. Henriksen, R.A. Meade, & C.L. Westfall.* (2004). *Critical Assembly: A Technical History of Los Alamos During the Oppenheimer Years, 1943–1945.* Cambridge, Cambridge University Press.
19. *Hoddeson L., A.W. Kolb & C. Westfall.* (2008). *Fermilab: Physics, the Frontier, and Megascience.* Chicago and London, The University of Chicago Press.
20. *Gibbons, M., C. Limoges, H. Nowotny et al.* (1994). *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies.* London , SAGE.
21. *Weinberg, A.M.* (1961). *Impact of Large-Scale Science on the United States.* *Science*, Vol. 134, No. 3473, 161–164.

Информация об авторах

Липкин Аркадий Исаакович – доктор философских наук, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры философии факультета гуманитарных наук Московского физико-технического института (государственный университет) (Институтский пер., д 9, г. Долгопрудный, 141707, Московская обл., Россия, e-mail: arkadiy.lipkin@gmail.com)

Федоров Владимир Семенович – аспирант, Московский физико-технический институт (государственный университет) (Институтский пер., д 9, г. Долгопрудный, 141707, Московская обл., Россия, e-mail: feoff3@gmail.com)

Information about the authors

Lipkin Arkadiy Isaakovich – Doctor of Sciences (Philosophy), kandidat of physical-mathematical sciences, Professor of Department of Philosophy Moscow Institute of Physics and Technology (State University), (9 Institutskiy per., Dolgoprudny, Moscow Region, 141701, Russia, e-mail: arkadiy.lipkin@gmail.com)

Fedorov Vladimir Semenovich – Postgraduate at the Moscow Institute of Physics and Technology (Institutskiy per 9, Dolgoprudniy, 141707, Moscow Region, Russia, e-mail: feoff3@gmail.com)

Дата поступления 10.01.2017