



Научная жизнь

УДК 168.53

DOI:

10.15372/PS20170109

В.С. Федоров

АКАДЕМГОРОДОК И СТЭНФОРД: НАУКА И ПРОИЗВОДСТВО В ИННОВАЦИОННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ 50–70-Х ГОДОВ XX ВЕКА*

В статье исследуется зарождение и развитие двух инновационных экосистем, в которых происходило эффективное развитие технологий посредством приложения научных знаний к сложным промышленным и военным задачам, – Стэнфордского университета и Новосибирского Академгородка. Утверждается, что в период с конца 1950-х до начала 1970-х годов у этих экосистем было много общего. Общность проявляется в динамике развития экосистем, в их устройстве, в функциях ключевых фигур – Ф. Термана и М. Лаврентьева соответственно, в решаемых задачах, в стратегии развития. Однако к 1970 г. на базе экосистемы Стэнфордского университета создается принципиально новая экосистема – Кремниевая Долина. В противоположность экосистемам Стэнфорда и Академгородка, результатом работы предприятий Кремниевой Долины оказываются систематическое создание и усовершенствование не отдельных технологий, а высокотехнологичных продуктов – целостных систем, органично связывающих множество технологий для решения широко спектра практических задач. Представление о высокотехнологичном продукте является ключевым для понимания нового постиндустриального способа взаимодействия науки и техники, а представление об экосистеме – для понимания среды этого взаимодействия.

Ключевые слова: инновационные экосистемы, философия техники, инновации, высокие технологии, философия прикладных наук, история науки и техники

* Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ (проект № 14-03-00687).

V.S. Fedorov

**AKADEMGORODOK AND STANDFORD:
SCIENCE AND INDUSTRY IN THE INNOVATION ECOSYSTEMS
DURING 50TH-70TH OF THE XX CENTURY**

Innovation ecosystem is defined as a system that fosters application of scientific knowledge to development of new technologies. The genesis and further development of two innovation ecosystems, Akademgorodok of Novosibirsk and Stanford University, is investigated. These ecosystems are similar during 50-th to 70-th: they share similar internal development dynamics and strategy, organization structure featuring a strong visionary leader, namely F. Terman and M. Lavrentiev, types of problems solved within the ecosystem. By the 1970, a novel ecosystem based on Stanford University ecosystem, so-called Silicon Valley, was born. Contrasting to ecosystems of Stanford and Akademgorodok, the main function of the Silicon Valley organization was not creation of new narrow-scoped technologies, but production of novel high-tech products. A high-tech product consists of multiple technologies and intended for broad spectrum of applications. The notion of high-tech product is crucial for understanding of contemporary postindustrial mode of science-technology interaction, whilst the notion of ecosystem is crucial for understanding of the environment in which the interaction takes its place.

Keywords: innovation ecosystem, philosophy of technology, innovation, high-tech, philosophy of applied science, history of science and technology

Введение

Сегодня экономисты, изучающие инновационные процессы, выделяют особые социоэкономические системы, в рамках которых создаются новые технологии, – инновационные экосистемы. Инновационные экосистемы представляют особый интерес в рамках более общего вопроса философии науки и техники о механизмах взаимосвязи науки и техники в современном мире.

Согласно одному из общепринятых определений *инновационная экосистема* – это «система различных взаимосвязанных институтов, производящих, хранящих и передающих знания, навыки и продукты, используемые при разработке новых технологий» [Metcalfe, 1995]. Выделяют региональные и национальные экосистемы. *Национальная экосистема* – система институтов всего государства, *региональная экосистема* расположена на определенной территории. При этом в данной статье дополнительно различаются два типа экосистем: индустриальная и постиндустриальная.

В статье проведен исторический анализ развития двух индустриальных региональных инновационных экосистем, существовавших

в конце 1950-х – начале 1970-х годов. Одна из них находилась в США, другая – в СССР. Речь идет о новосибирском Академгородке и экосистеме, образованной вокруг Стэнфордского университета в Северной Калифорнии (США).

Технология и продукт

Прежде чем перейти к анализу, определим различие между индустриальной и постиндустриальной экосистемами. *Постиндустриальные инновационные экосистемы* производят не просто технологии, они создают *высокотехнологичный продукт*.

Технологию будем понимать в узком смысле – как способ решения определенной практической задачи в фиксированном контексте применения. Технологический продукт – это одновременно и техническое изделие, и способы решения набора практических задач в широком круге возможных контекстов применения. Технологический продукт отличается от технического изделия тем, что имеет не только материальную составляющую, но и нематериальную, информационную составляющую, относящуюся к технологии его эксплуатации. Примером технологического продукта может служить микропроцессор, который содержит кроме самого технического изделия информацию о том, какими способами его можно соединять с другими микроэлектронными устройствами, о том, как его возможно программировать. Один и тот же микропроцессор может быть использован в контексте создания тысяч различных устройств: автоматизированных станков, систем навигации, компьютеров и т.д.

Технологии, источником которых являются исследования, назовем высокими. А соответственно, продукты, созданные на основе исследований, – высокотехнологичными¹.

Инновационные экосистемы, производящие *технологии*, мы назовем *индустриальными*. Инновационные экосистемы, производящие *высокотехнологические продукты*, назовем *постиндустриальными*.

Проследим историю развития индустриальных экосистем Стэнфорда и Академгородка. Выбор пал на Стэнфорд, поскольку вокруг него возникла постиндустриальная экосистема – Кремниевая Долина. Ака-

¹ Можно сказать, что в продукте задействована комбинация технологий трех разных видов: технологий изготовления (как это сделать), технологий функционирования (как это работает) и технологий эксплуатации (как этим пользоваться).

демгородок – наиболее похожая на Стэнфорд советская региональная экосистема. Действительно, во-первых, они зарождались в одно и то же время. Во-вторых, они находились на периферии научного и технического мира своих стран. В США вся наука и научно-технические разработки были сконцентрированы в университетах Восточного побережья. В СССР научные центры находились в европейской части страны. В-третьих, в обеих экосистемах был сильный руководитель-лидер, который эффективно осуществлял собственную стратегию развития экосистемы, легко ретроспективно прослеживаемую. В Стэнфордском университете это Фредерик Терман, в Академгородке – Михаил Алексеевич Лаврентьев. Соответственно, развиваться эти экосистемы могли относительно независимо, согласно стратегиям собственных руководителей, а внешнюю конъюнктуру можно легко отделить от внутренней логики развития. Эти обстоятельства делают их удобными объектами для сравнительного исследования.

Рождение экосистемы: наука и образование

В соответствии с определением инновационной экосистемы, приведенным в начале статьи, для того чтобы можно было говорить о региональной экосистеме, в ней должны быть институты, которые обеспечивают накопление, воспроизводство и приложение знаний. Следовательно, в экосистеме должны обязательно присутствовать институты, связанные с наукой и образованием, а также средства для проведения прикладных исследований. В этих аспектах Академгородок и Стэнфорд сходны.

«MIT на Западном побережье». С. Бланк, один из влиятельных методологов инновационного предпринимательства из Стэнфордского университета, подготовил в 2008 г. историческое исследование, озаглавленное «Секретная история Кремниевой Долины» [Blank]. С. Бланк опровергает устоявшееся представление, будто бы история Кремниевой Долины начинается в конце 1960-х годов с первых фирм, создающих микроэлектронику. Согласно его версии, она начинается в 1940-е годы, когда Фредрик Терман, выпускник Стэнфордского университета, а впоследствии его ректор, вел в Гарварде проект по созданию «электронного оружия» – устройств, создающих помехи для радаров неприятеля. Использование таких устройств позволило резко сократить потери ВВС США при бомбардировках Германии и Японии. Связи Термана позволили к 1950 г. привлечь в Стэнфорд многих веду-

щих ученых и инженеров, а затем и талантливых студентов, сделав из Стэнфорда «MIT на Западном побережье». Основными исследовательскими направлениями были выбраны радиолокация и электроника.

Корейская война принесла в Стэнфорд огромные военные заказы. В дополнение к «фундаментальной» лаборатории, проводящей исследования в области электроники (Electronics Research Laboratory), была создана огромная оружейная Лаборатория прикладной электроники (Applied Electronics Laboratory), обслуживающая военный заказ. Основная цель – разработка систем, способных выводить из строя мощные системы противовоздушной обороны СССР и стран-союзников [Blank]. В 1955 г., когда Терман стал ректором, две лаборатории – фундаментальная и прикладная были объединены в Лабораторию системной инженерии (Systems Engineering Lab). Она занималась, во-первых, решением сложных практических инженерных и научных задач для различных спецслужб и военных ведомств и, во-вторых, созданием на основе новых фундаментальных достижений законченных систем радиоглушения. В лаборатории работало более 800 человек, многие из которых были аспирантами Стэнфордского университета.

«Новая Атлантида» в Сибири. По другую сторону «железного занавеса» в это время академики М.В. Лаврентьев, С.Л. Соболев и С.А. Христианович разрабатывают идею о создании научного города около Новосибирска, который станет центром нового Сибирского отделения Академии наук СССР. Проект был поддержан Н.С. Хрущевым и в 1957 г. был утвержден в правительстве. Лаврентьев и его соратники сумели убедить ученых в СССР в перспективности проекта и склонить многих из них к тому, чтобы перебраться из европейской части страны в Сибирь.

К 1961 г. в Академгородке были созданы университет и 14 различных научно-исследовательских институтов. В отличие от США в СССР большая часть научных лабораторий находилась не в университетах, а в НИИ, университет же играл в основном образовательную роль². Однако в Академгородке была реализована так называемая «система Физтех», связывающая образование и научную работу: студенты старших курсов и аспиранты должны присоединяться к исследовательским группам в НИИ.

² В США пошли по другому пути и в послевоенные годы стали, наоборот, выносить часть крупных исследовательских лабораторий из университетов, организуя отдельные исследовательские институты, непосредственно связанные с головным университетом, но не выполняющие образовательных функций.

Становление экосистемы: наука, образование и промышленность

Если в отношении связи между наукой и образованием был применен уже зарекомендовавший себя опыт, то построение эффективной связи между наукой и промышленностью было совершенно новой задачей как в США, так и в СССР. В конце 5019-х – начале 1960-х годов начался поиск форм эффективной связи прикладных задач и научных исследований. В Стэнфорде для сближения промышленности и науки был создан специальный индустриальный парк. В Академгородке промышленность до начала 1970-х годов была вынесена за пределы региональной экосистемы, команды ученых и инженеров внедряли свои разработки, выезжая на различные предприятия Сибири.

Стэнфордский индустриальный парк. Терман верил, что академическое сообщество и бизнес-сообщество могут и должны работать вместе на благо друг другу [Tajnai, 1985], и создавал условия для сближения науки и производства. В 1951 г. он организовал так называемый Стэнфордский индустриальный парк, где в последующие годы разместились производства крупных технологических фирм (многие из которых работали по военным заказам), таких как «Hewlett Packard», «Kodak», «Lockhead», IBM, «Xerox».

Кроме того, Терман всячески поддерживал идеи создания новых лабораторий и фирм на территории парка, помогал привлечь для этого ресурсы, включая финансовые. Прямые инвестиции крупных технологических фирм в производства на территории индустриального парка, а также единичные экспериментальные инвестиции в новые фирмы решали вопрос финансирования новых промышленных предприятий экосистемы.

Академгородок и промышленность в 1960-х годах. М.А. Лаврентьев считал связь с промышленностью важной частью проекта Академгородка [Добрецов, 2000]. Незадолго до смерти он опубликовал книгу, в которой изложил историю своего детища – Сибирского отделения Академии наук. В одной из глав он подробно описывает формы отношения науки и промышленности в Институте гидродинамики [Лаврентьев, 1982].

Можно выделить несколько этапов развития этих отношений в Академгородке в 1960-х годах. Изначально, на *первом этапе*, ученые стали выстраивать связи с промышленностью Сибири. «Когда еще воз-

водились здания институтов, бригады ученых СО АН уже выезжали на предприятия и стройки Сибири... Читали лекции, давали консультации, устанавливали связи...» [Лаврентьев, 1982].

На *втором этапе* на основе апросов предприятий было выделено несколько крупных практически значимых проблем, с которыми стал работать Институт гидродинамики. Одна из таких проблем – дороговизна и ненадежность продуктов металлургии. Ее решали за счет применения взрыва в различных технических процессах – для уменьшения дефектов кристаллической решетки, для сварки, для нанесения тонких металлических покрытий³.

На *третьем этапе* на стыке металлургии, гидродинамики, химии и математического моделирования родилось новое направление развития металлургических технологий. Эти технологии в дальнейшем разрабатывала лаборатория А.А. Дерибаса в Институте гидродинамики.

Однако в продвижении новой технологии в производство были определенные трудности: «она родилась на стыке наук и непонятна даже самым квалифицированным специалистам отдельно взятой отрасли... Возникает интересная идея, а внедрять ее некому: нет понимающих людей на заводах... нет понимающих и в отраслевой науке... Тут не просто консерватизм, неприятие нового, а отрицание непонятого, из “чужой” науки пришедшего» [Лаврентьев, 1982]. Внедрение новой технологии в производство занимало до 15 лет. Решение проблемы внедрения требовало подготовки новых кадров, понимающих новую технологию. Со временем специалистов начали готовить централизованно, а новые производственные цепочки к 1980-м годам удавалось запускать менее чем за три года.

К концу 1960-х годов, на *четвертом этапе*, целесообразность включения производства непосредственно в систему Академгородка была осознана М.А. Лаврентьевым и его соратниками. Была предложена система конструкторских бюро «двойного подчинения», которые должны были составить «пояс внедрения» для Академгородка. «Схема была такая: институт дает научную идею, министерство строит неподалеку от

³ В ходе прикладных исследований выяснилось, что «во время взрыва возникает такое давление, что прочностные свойства металлов становятся несущественными, в узкой зоне, примыкающей к поверхности контакта, металлы ведут себя как жидкости. ...Открытие оказалось настолько удачным, что как из рога изобилия посыпались новые технологии. ...Сварка взрывом обладала рядом огромных преимуществ по сравнению с традиционными методами. ...Самое главное – открылась возможность создавать с помощью взрыва новые многослойные материалы...» [Лаврентьев, 1982].

Академгородка КБ, дает своих людей, мы – своих, авторов идеи и молодежь, кончающую университет. Все они вместе “доводят изделие” (до технологической готовности. – В.Ф.)». [Лаврентьев, 1982]

Согласно первоначальному плану, «пояс внедрения» должен был стать своего рода аналогом индустриального парка Стэнфорда, а министерства выступали бы в этой системе в роли инвестора.

Стратегии развития экосистем

Перейдем теперь от вопросов устройства частей экосистем и их взаимодействия к вопросам стратегического уровня. Нас будут интересовать следующие вопросы: что именно обеспечивает возможность существования экосистемы? что обеспечивает положительный баланс прироста ресурсов в экосистеме (финансов, людей и т.д.), позволяющий ей функционировать и развиваться?

Экосистема Стэнфордского Университета 1950-х – 1960-х годов. Основные инвестиции и заказы у Стэнфорда были связаны с военным комплексом США. Источником их, за редким исключением, выступали либо государство, либо крупные концерны, производящие военную технику. До 1970-х годов большая часть исследовательских лабораторий и технологических фирм существовали и развивались благодаря военному заказу, в особенности заказу на сверхсложные военные аппараты. Как утверждает С. Бланк, главными достижениями Стэнфорда и связанных с ним лабораторий и предприятий в 1950-е и 1960-е годы были не транзисторы или процессоры, а технологии, разработанные для самолета-разведчика U2 и ракет «Lockheed».

Соответственно, в 1950-е – 1960-е годы основные для последующего развития Кремниевой Долины свойства, такие как ориентация на широкий рынок и относительная простота привлечения внешних инвестиций, были представлены слабо. Отношения между экосистемой Стэнфорда и военным заказчиком строились благодаря личным связям Ф. Термана [Blank]. Можно утверждать, что в 1950-х и 1960-х годах Терман создал экосистему Стэнфордского университета. Хотя ее нельзя назвать прообразом Кремниевой Долины, ее атмосфера привлекала достаточно большое количество талантливых, креативных и смелых людей, готовых пробовать воплощать новые идеи в области технологий и бизнеса. Согласно версии Бланка, в эти годы был создан так называемый «этос Кремниевой Долины». В основе его лежат дух кооперации, открытость

к экспериментам, в том числе социальным, толерантность к ошибкам. Этот дух даже сегодня серьезно отличает Кремниевую Долину от Восточного побережья, которому присущи относительный консерватизм и закрытость. Современные исследователи и идеологи инновационного развития считают такой этос необходимым для систематического развития инноваций в отдельно взятом регионе [Blank].

Экосистема Академгородка 1960-е годы. По сравнению со Стэнфордом Академгородок был намного более крупным и разносторонним научным центром. В Академгородке функционировали множество институтов, работающих по всему спектру тематик: по биологии, ядерной физике, информатике, математике, медицине и т.д. Это отразилось и на технологическом разнообразии. Заказы институтам Академгородка включали технологии для металлургии, нефтяной промышленности, медицины, высокоточные измерительные приборы, промышленные ускорители и многое другое. В экосистему Академгородка инвестиции поступали как из государственного бюджета, так и за счет договоров с различными промышленными предприятиями⁴.

Государственное финансирование помогало сохранять большое разнообразие исследований, однако ставило Сибирское отделение Академии наук в зависимое положение от отношений Лаврентьева с высшим руководством страны⁵ и от различных изменений в научной политике страны. Усугубляла зависимость негибкость советской системы относительно создания новых организаций⁶ и привлечения инвестиций.

На пути к новым экосистемам: инновационные продукты

Согласно основной гипотезе данного исследования, в ядре современной инновационной формы связи науки и техники находится особая

⁴ «...Средства, поступающие в результате хоздоговорной деятельности, составляют существенную часть (около трети) бюджета Сибирского отделения» [Лаврентьев, 1982].

⁵ Так, отношения Лаврентьева с Хрущевым, ведущие начало от совместной работы в СССР, обеспечивали относительную автономию и стабильность Академгородка. После смены власти в ЦК отношения Лаврентьева с верховными руководителями охладели, что приводило к трудностям в развитии различных проектов, связанных с СО РАН [Josephson, 1997].

⁶ В основном ввиду ограничений советской бюрократической системы. Сам Лаврентьев прекрасно осознавал эту негибкость и признает, что многие смелые идеи не смогли развиваться, так как «победило бюрократическое единообразие – чтобы все шло “в ногу”» [Лаврентьев, 1982].

целостность – *высокотехнологичный продукт*. Высокотехнологичные продукты создавались и в СССР, и в США, однако именно в США зародилось и развилось систематическое производство высокотехнологичных продуктов. Возможность создания новых фирм и привлечения частных инвестиций позволила систематически создавать новые организации – фирмы-стартапы, разрабатывающие и производящие тот или иной качественно новый продукт.

Приведем примеры высокотехнологичных продуктов, созданных в рамках исследуемых нами экосистем. В этот раз начнем с Академгородка.

Детонатор ЭДВ и «пояс внедрения». Вернемся к истории развития прикладных разработок в НИИ гидродинамики, которую описывает М.А. Лаврентьев.

В середине 1960-х годов в Институте гидродинамики разработали первый специализированный высокотехнологичный продукт – безопасный детонатор. «Применение взрыва в промышленности всегда ограничивалось потенциальной опасностью метода... Причем опасен бывает не сам заряд взрывчатого вещества: современные ВВ довольно инертны, и чтобы привести их в действие, нужен первоначальный мини-взрыв, который осуществляет специальный капсуль-детонатор. Такой капсуль должен быть достаточно чувствительным, чтобы он легко, быстро и в нужный момент срабатывал по командному сигналу... Для безопасности же от него требуется совсем обратное – малая чувствительность. ...В Институте гидродинамики была расшифрована структура механизма детонации в различных взрывных средах... Изучая процессы детонации, один из моих учеников, Л.А. Лукьянчиков, обнаружил, что, используя некоторые свойства этого явления, можно создать совершенно безопасный в обычных условиях детонатор. Такой детонатор можно бросать, бить молотком, даже подключать к нему ток от промышленной сети – он не взорвется... Чтобы подорвать его, нужен ток высокого напряжения от специального генератора. Таким образом, появилась возможность спокойно вести взрывные работы в заводских условиях» [Лаврентьев, 1982]. Универсальный нечувствительный детонатор оказался *высокотехнологичным продуктом* для решения множества производственных задач, таких как сварка, расчистка поверхности при строительстве, синтез алмазов и т.д. [Лукьянчиков, 2000], причем в разных отраслях промышленности. Заинтересованность Завода им. Чкалова, где происходило первичное технологическое освоение нового продукта, территориальная близость завода, энтузиазм его специалистов, личная инициатива и открытость

Л.А. Лукьянчикова⁷ и других ученых Института гидродинамики позволили создать продукт непосредственно на базе предприятия-заказчика.

Однако случаи, когда стихийно создаются условия для разработки нового продукта, по разным причинам относительно редко. Это обстоятельство было одним из факторов, приведшим к созданию «пояса внедрения», о котором говорилось ранее. Согласно первоначальному замыслу, междисциплинарные команды ученых и инженеров формировались в конструкторских бюро двойного подчинения, а заинтересованные в итоговом продукте отраслевые министерства должны были инвестировать средства в создание КБ и производств, основанных на разработках КБ.

Но при реализации идеи возникли проблемы. Не удавалось разработать и общепринятые положения, регулирующие создание и работу новых КБ: слишком высокими оказались бюрократические барьеры, на преодоление которых ушло около 10 лет [Лаврентьев, 1982]. Это сильно сковывало развитие КБ «двойного подчинения» и сводило на нет мотивацию научных работников создавать новые КБ для реализации своих проектов.

Транзистор и Кремниевая Долина. В США в конце 1950-х – 1960-х годах бурный рост переживала отрасль полупроводниковой микроэлектроники, долгое время находившаяся вне мейнстрима военных заказов и вне фокуса внимания Ф. Термана и его соратников.

В 1956 г. В. Шокли, один из создателей транзистора и Нобелевский лауреат, по приглашению Термана организовал собственную лабораторию в Пало-Альто. Однако характер Шокли и стиль его руководства, в первую очередь отсутствие доверия к работе коллег, препятствование их творческим начинаниям, оказались неприемлемыми для его талантливых сотрудников. Одной из самых интересных идей, идущих вразрез с идеями Шокли, была идея использовать для изготовления полупроводникового транзистора более распространенный кремний вместо более дорогого германия [Мэлоун, 2015]. В итоге сотрудники лаборатории, лидером которых был Р. Нойс, занявший место директора по науке, создали собственную фирму и нашли инвестора – миллиардера с Восточного побережья Ш. Фэйрчайлда. Компания «Fairchild Semiconductors» была

⁷ «...Чему способствовали открытость Леонида Александровича новым задачам и изобретательский дар. Помогла и его исключительная контактность, умение работать с людьми, все то, что сейчас принято называть талантом менеджера. Не случайно М.А. Лаврентьев не раз говорил, что “в Америке Лёня стал бы миллионером”» (Плотников, 2011).

создана летом 1957 г. с условием, что Фэйрчайлд может полностью ее выкупить в течение трех лет в случае ее успешного функционирования [Berlin, 2001]. Фэйрчайлд воспользовался правом выкупа уже в 1959 г. после успешной сделки на поставку транзисторов для IBM.

Компания «Fairchild Semiconductors» при непосредственном участии выходцев из лаборатории Шокли в 1959–1965 гг. была лидером в полупроводниковой отрасли. «Количество транзисторов, произведенных американскими фирмами, выросло в 275 раз в период с 1957 по 1965 год» [Berlin, 2001].

Рынок транзисторов был широким и не ограничивался военным заказом. «Возник двухуровневый рынок полупроводников. С одной стороны, это опробованные продукты, доступные по очень низким ценам, производимые в очень больших объемах и с маленькой добавочной стоимостью. ...С другой стороны, были устройства технически более совершенные, которые производились меленькими партиями и продавались с большей удельной прибылью» [Berlin, 2001].

У «Fairchild Semiconductors» был ряд сильных конкурентов, таких как «Motorola» и «Texas Instruments». Эти корпорации в середине 1950-х – начале 1960-х годов также активно интересовались возможностями полупроводников и открывали собственные подразделения, которые занимались исследованиями и разработками в данной области.

Эти обстоятельства – высокая конкуренция и двухуровневый рынок приводили к тому, что такой фирме, как «Fairchild», приходилось быть одновременно и массовым производителем, и масштабной исследовательской организацией [Berlin, 2001]. Отделам компаний, занимавшимся исследованиями и разработками, необходимо было постоянно проектировать новые типы полупроводниковых устройств, производимых на заказ, развивать и удешевлять технологию производства устройств для массового рынка и т.д.⁸

В «Fairchild Semiconductors» произошли и важные новации в понимании самой продукции компании, ключевые для современных высоких технологий. Оказалось, что компания создает не просто устройства,

⁸ Необходимость в постоянных улучшениях означала невозможность эффективной передачи исследований, например, во внешние университетские лаборатории. Особенность и новизна области, а именно то, что в 1950-х годах в природе не было такого существа, как эксперт по полупроводникам [Berlin, 2001], специалистам требовалось совмещать знания и навыки в физике твердого тела, металлургии, химии, электротехнике и химической технологии, означали, что релевантные опыт и знания возможно было получить только в рамках самого производства новых технологий.

а высокотехнологичные продукты, сопровождаемые детализированными техническими описаниями и инструкциями, а также технической поддержкой со стороны специалистов «Fairchild» [Berlin, 2001].

Со временем головная фирма «Fairchild Camera and Instrument» стала сдерживать развитие «Fairchild Semiconductors». Это привело к тому, что многие ведущие сотрудники «Fairchild Semiconductors» стали покидать ее, чтобы организовать собственные предприятия. На протяжении 1960-х и 1970-х годов в районе Пало-Альто было создано около 65 компаний, производящих микрочипы. Самую известную из них, «Intel», организовали выходцы из лаборатории Шокли и «Fairchild» Р. Нойс и Г. Мур.

К началу 1970-х была найдена схема финансирования, позволившая обеспечивать новые фирмы ресурсами. Она легла в основу института венчурного капитализма⁹ и позволила привлекать частные капиталы извне экосистемы в новые высокотехнологичные фирмы. Первый успешный венчурный фонд был создан А. Роком и Т. Дэвисом в 1961 г. Однако явление это было единичное, другие венчурные фонды начали открываться только в 1968–1970 гг., когда фонд Рока и Дэвиса показал сверхприбыль, продав компании «Xerox» свой пакет акций «Scientific Data Systems» почти за 1 млрд долл. США [Gupta, 2000].

Таким образом, посредством создания новых фирм за отрезок в 20 лет выросла так называемая Кремниевая Долина. Она включила в себя кроме старой экосистемы Стэнфордского университета, питающейся за счет военных и государственных заказов, также совершенно новую постиндустриальную экосистему, основанную на технологическом предпринимательстве и частных инвестициях. Новая экосистема выросла не только в качественном отношении, но и в количественном. Офисы и исследовательские центры новых компаний стали появляться не только в Стэнфордском университете и его окрестностях, но и на всей территории полуострова Сан-Франциско.

Заключение

Несмотря на различия между двумя странами, их экономическими и политическими системами, две рассмотренные индустриальные экоси-

⁹ Венчурный капитал – профессиональный капитал, инвестированный венчурным капиталистом совместно с предпринимателем для финансирования ранней стадии развития предприятия с целью извлечения будущей сверхприбыли.

стемы имели много общего. К концу 1960-х годов в плане подхода к инновациям и понимания составных частей экосистемы Академгородок мало отличался от Стэнфорда. В обоих случаях были основания для последующего качественного изменения экосистемы. Во-первых, появлялись первые образцы высокотехнологичных продуктов. Во-вторых, начала складываться диверсификация рынков сбыта. В-третьих, сложилось представление об особой роли научно-технических коллективов и о важности участия самих ученых в процессах разработки и внедрения технологий.

Экосистемы эффективно функционировали и развивались благодаря активному участию их руководства в поиске внешних инвестиций и заказов со стороны промышленности.

Однако новая постиндустриальная экосистема Кремниевой Долины хотя и возникла на периферии экосистемы Стэнфордского университета, не является ее логическим продолжением. Их объединяет общий этос¹⁰, но в основе их функционирования лежат совершенно различные механизмы. Во-первых, в Кремниевой Долине по-иному привлекаются и организуются ресурсы (финансы, люди). Создание новых организаций¹¹, привлечение финансов и построение связей с внешним по отношению к экосистеме миром опираются на частную инициативу, а не на управленческие решения руководства экосистемы. Во-вторых, по-иному привлекаются заказы. Работа по привлечению заказов (маркетинг и продажи) осуществляется силами самих организаций. Связи выстраиваются не только с ВПК или министерствами, но и с широким массовым рынком¹².

В результате вокруг экосистемы Стэнфорда появилась принципиально новая постиндустриальная экосистема – Кремниевая Долина. В районе Академгородка создание новой постиндустриальной экосисте-

¹⁰ Этос Академгородка был также демократичным, приветствовалась инициатива в научной работе. М.А. Лаврентьев поощрял социальные эксперименты и реорганизации научных коллективов, препятствовал их стагнации. Однако у этоса Академгородка не наблюдается ключевой черты этоса Кремниевой Долины – толерантности к ошибкам (техническим, экономическим, организационным).

¹¹ В СССР тоже были попытки, основанные на энтузиазме, создавать новые коллективы и организации. Но если в эпоху Оттепели власть нейтрально относилась к подобным экспериментам, то в брежневскую эпоху бюрократическая машина их прекратила.

¹² В СССР ограничения накладывала плановая модель ведения хозяйства. Так, перспективная технология биметаллов имела достаточно ограниченное применение по сравнению с другими странами. Руководство предприятий зачастую было не заинтересовано во внедрении новых технологий [Лаврентьев, 1982].

мы – гипотетической Кремниевой Тайги было возможным, но не получилось, во многом из-за негибкости советской бюрократической системы и плановой экономики.

Насколько рассмотренные истории развития являются типичными для инновационных экосистем – вопрос дальнейшего исследования. Однако можно выделить один важный момент, который, как представляется, справедлив для постиндустриальных экосистем и для постиндустриальной экономики в принципе. В Кремниевой Долине США возник важный для последующего инновационного развития феномен: и разработка, и производство высокотехнологичного продукта оказались сосредоточены в одной организации.

Внутренние научные исследования выступали основным фактором конкурентоспособности таких фирм. Это говорит об изменениях во взаимоотношении науки и техники как минимум в двух плоскостях: организационной и институциональной. Во-первых, организационно, научные исследования и развитие технологий осуществляются в рамках одного предприятия, при этом исследования и разработки сфокусированы в одной относительно узкой области. Взаимосвязь исследований и производства оказывается залогом успешного развития предприятия, обеспечивается целостное понимание результата научно-технической деятельности. Во-вторых, фирма, проводящая научные исследования, институционально независима от существующих отраслей промышленности и научных дисциплин. Как задействованная наука, так и новая технология зачастую находятся вне привычных дисциплинарных и отраслевых границ. Это означает, что предприятие оказывается местом не только приложения определенных научных знаний и технологических компетенций, но и их производства. То есть любая новая фирма потенциально может создать свою (постиндустриальную) отрасль и даже собственную (постиндустриальную) прикладную науку.

Таким образом, постиндустриальные экосистемы, состоящие из фирм – производителей высокотехнологических продуктов, по-новому объединяют науку и производство, создают особую среду для прикладных (а в некоторых случаях и для фундаментальных) научных исследований и технологических разработок.

* * *

Автор выражает благодарность профессору МФТИ А.И. Липкину за помощь в структурировании текста статьи.

Литература

1. *Добрецов Н.* Принципы М.А. Лаврентьева по организации науки и образования и их реализация в Сибири // Наука в Сибири. – 2000. – № 47.
2. *Лаврентьев М.А.* ...Прирастать будет Сибирью. – Новосибирск : Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1982. – 175 с.
3. *Лукьянчиков Л.А.* Системы инициирования на вторичных взрывчатых веществах // Прикладная механика и техническая физика. – 2000. – Т. 41. – № 5.
4. *Мэлоун М.* The Intel: Как Роберт Нойс, Гордон Мур и Энди Гроув создали самую влиятельную компанию в мире. – М.: Эксмо, 2015. – 528 с.
5. *Плотников Ю.* Из когорты первопроходцев // Наука в Сибири. – 2011. – № 26–27.
6. *Berlin R.* Robert Noyce and Fairchild Semiconductor, 1957–1968 // Business History Review. – Boston : The President and Fellows of Harvard College, 2001. – Vol. 75. – No. 1.
7. *Blank S.* The Secret History of Silicon Valley. – URL: <https://steveblank.com/secret-history/>.
8. *Geiger R.* Knowledge and Money: Research Universities and the Paradox of the Marketplace. – N.Y.: Stanford University Press, 2004.
9. *Gupta U.* Done Deals: Venture Capitalists Tell Their Stories. – Boston: Harvard Business Review Press, 2000.
10. *Josephson P.* New Atlantis Revisited: Akademgorodok, the Siberian City of Science. – Princeton: Princeton University Press, 1997.
11. *Kenney M.* Understanding Silicon Valley: The Anatomy of an Entrepreneurial Region. – N.Y.: Stanford Business Books, 2000. – 304 p.
12. *Metcalfe S.* The Economic Foundations of Technology Policy: Equilibrium and Evolutionary Perspectives // Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change / Ed. by P. Stoneman. – Oxford: Blackwell Publishers, 1995.
13. *Tajnai C.* Fred Terman, the Father of Silicon Valley // IEEE Design & Test of Computers. – 1985. – Vol. 2. – No. 2.

References

1. *Dobretsov N.* Printsipy M.A.Lavrent'eva po organizatsii nauki i obrazovaniya i ikh realizatsiya v Sibiri [M.A. Lavrentiev principles of science and education organization and implementation] // Nauka v Sibiri.[Science in Siberia] – Novosibirsk : 2000 – Vol. 47. (In Russian)
2. *Lavrent'ev M.A.* ...Prirastat' budet Sibir'yu. [By Siberia we gain] – Novosibirsk : Zap.-Sib. kn. izd-vo, 1982. – 175 P. (In Russian)
3. *Luk'yanchikov L.A.* Sistemy initsirovaniya na vtorichnykh vzryvchatykh veshchestvakh [Initiation systems based on secondary explosive compounds] // Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika. [Applied mechanics and technical physics] – Novosibirsk : SO RAN, 2000. – Issue 5 : Vol. 41. (In Russian)
4. *Malone M.* The Intel Trinity: How Robert Noyce, Gordon Moore, and Andy Grove Built the World's Most Important Company. – New York : HarperBusiness, 2014. – 580 P.
5. *Plotnikov U.* Iz kogorty pervoprokhodtsev [Of pioners cohort] // *Nauka v Sibiri.* [Science in Siberia] – Novosibirsk – V. 26-27. (In Russian)
6. *Berlin R.* Robert Noyce and Fairchild Semiconductor, 1957-1968 // Business History Review. – Boston : The President and Fellows of Harvard College, 2001 г.. – №1 : T. 75.
7. *Blank S.* The Secret History of Silicon Valley. – <https://steveblank.com/secret-history/>.

8. *Geiger R.* Knowledge and Money: Research Universities and the Paradox of the Marketplace. – New York: Stanford University Press, 2004.
9. *Gupta U.* Done Deals: Venture Capitalists Tell Their Stories. – Boston: Harvard Business Review Press, 2000.
10. *Josephson P.* New Atlantis Revisited: Akademgorodok, the Siberian City of Science. – Princeton : Princeton University Press, 1997.
11. *Kenney M.* Understanding Silicon Valley: The Anatomy of an Entrepreneurial Region [Книга]. – New York : Stanford Business Books, 2000. – 304 с.
12. *Metcalfe S.* The Economic Foundations of Technology Policy: Equilibrium and Evolutionary Perspectives// Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change/ ed P. Stoneman. – Oxford : Blackwell Publishers, 1995.
13. *Tajnai C.* Fred Terman, the Father of Silicon Valley // IEEE Design & Test of Computers. – 1985 – №2. – Vol. 2.

Информация об авторе

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

Information about the author

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

Дата поступления 01.12.2016