

УДК 330

Закономерности и особенности эволюции секторальных инновационных систем в рамках долгосрочного цикла

Гапоненко Надежда Васильевна

Институт проблем развития науки РАН,

Россия, 117218, Москва, Нахимовский пр-т, 32

Доктор экономических наук, профессор, нач. отдела, ngaponenko@gmail.com

Аннотация. Статья фокусируется на закономерностях эволюции секторальных инновационных систем (СИС) в рамках долгосрочного цикла и особенностях основных стадий цикла. Рассматривается вектор развития и взаимосвязи основных компонентов системы (агенты, сети, институты, база знаний, продукция и технологии) и эволюционных процессов, формирующих СИС как систему. Особое внимание уделено функциям государства на различных стадиях жизненного цикла СИС.

Работа основывается на теории эволюции, хаоса и закономерностях циклической динамики науки, технологий и отраслей промышленности. Для иллюстрации и обоснования основных выводов используются наработки автора, относящиеся к зарождению и развитию СИС в области нанотехнологий (СИСн). Исследование показало, что самоорганизация, адаптивность, сбалансированность, согласованность развития основных компонентов системы и согласованное развитие системы и внешней среды играют определяющую роль в обеспечении устойчивости и конкурентоспособности СИС. Выявленные закономерности развития системы позволяют понять внутреннюю логику трансформационных процессов и выстраивать механизмы политики, опираясь на особенности различных стадий долгосрочного цикла.

Ключевые слова. Секторальная инновационная система, агенты, секторальные сети, база знаний, технологии, жизненный цикл, самоорганизация, устойчивость, конкурентоспособность

Sectoral innovation system evolution within long-term cycle
Nadezhda Gaponenko

Institute for the Study of Science of the Russian Academy of Sciences;
32, Nakhimovsky Av., Moscow, 117218, Russia;
Doctor of Economics, Professor, Head of Department, ngaponenko@gmail.com

Annotation. The paper focuses on the regularities of the sectoral innovation systems' (SIS) evolution within the long-term cycle and the main specific characteristics of different stages of system's life cycle. The paper explores the vector of development of SIS and interconnections of both the main components of the system (agents, networks, institutions, knowledge base, products and technologies) and evolutionary processes, which build the SIS as a system. Particular attention is paid to the government's functions at various stages of the life cycle of the SIS.

The paper is based on the theories of evolution and chaos, as well as on the cyclic dynamics of science, technology and industries. To illustrate the main conclusions, the author's finding relating to the emergence and development of SIS in nanotechnology are used.

The study demonstrated that self-organization, adaptability, coherence and balanced development of the main components of the system as well as coherence evolution of the system and the external environment play a decisive role in ensuring the sustainability and competitiveness of SIS. The revealed regularities of the development of the system make it possible to understand the internal logic of the transformation processes and to build up the policy mechanisms, relying on the specific features of the various stages of the long-term cycle.

Keywords. Sectoral innovation system, agents, sectoral networks, knowledge base, sectoral technologies, life cycle, self-organization, sustainability, competitiveness

Введение. Формирование инновационной экономики и промышленности 4.0. породило новую волну интереса к системным исследованиям инноваций, поскольку именно инновации являются драйверами экономического роста, основой конкурентоспособности, безопасности и устойчивого экономического роста. Новая парадигма

управления инновациями, базирующаяся на системном взгляде на процесс генерирования, диффузии и использования инноваций получила название «концепция инновационных систем». Концепция представляет собой эвристический подход (согласно Ч. Эдквисту, концептуальную основу) с помощью которого «все важные экономические, социальные, политические, организационные, институциональные и другие факторы, которые влияют на генерирование, диффузию и использование инноваций, могут быть выявлены и оценены» [1]. Концепция фокусируется не на отдельных фазах инновационного цикла, не на отдельных агентах, проблемах или технологиях, а на системе в целом и, фактически, служит инструментом для разработки инновационных стратегий и политики.

В настоящее время системный подход к инновациям реализуется на нескольких уровнях: национальный, региональный, глобальный и секторальный. Исторически разработка концепции началась с формирования концепции национальных инновационных систем (НИС). В середине 80-х годов прошлого века К. Фриман [2], Б.-А.Лундвалл [3], Р. Нельсон [4] и ряд других ученых [5,6] сформулировали и развили концепцию НИС, которая на протяжении многих лет рассматривалась в качестве инструмента для разработки мер с целью придания ускорения инновационным процессам и повышения таким образом конкурентоспособности и эффективности экономики. Однако, накопленный опыт показал, что она способствует формированию инновационной экономики, развитию институтов, но не способна выявить и оценить всю совокупность факторов, обеспечивающих конкурентоспособность на отдельных нишах рынка, в отдельных отраслях, секторах экономики и в отдельных регионах. Именно это подстегнуло сдвиг в сторону разработки концепции СИС и концепции региональных инновационных систем (РИС), которая была сформулирована в начале 90-х годов [7]. Концепция секторальных инновационных систем начала формироваться на рубеже веков; ее основателем признан Ф.Малерба [8]. В

проекте 7-ой Рамочной программы ЕС «PROGRESS» отмечается, что концепция СИС является наименее разработанной [9]. Концепция СИС объединяет воедино развитие базы знаний, технологий, рынков, институтов. В настоящее время концепция переживает настоящий бум во всех странах мира, поскольку на новом витке перехода к новому технологическому порядку борьба за лидерство обостряется. Концепция уже была использована различными странами в различных секторах, отраслях и подотраслях экономики, несколько проектов было реализовано ОЭСР и в Рамочных программах ЕС. Для России концепция может стать ключевым инструментом для обеспечения технологической и экономической безопасности, устойчивого экономического роста и повышения конкурентоспособности. Ее значимость возрастает в условиях реализации технологическими державами санкций и необходимости обеспечения технологической и экономической безопасности.

Концептуальные основы СИС

Секторальные инновационные системы представляют собой сети агентов, чья деятельность основывается на единой научной и технологической парадигме и базе знаний, встроена в экономическую, социальную и институциональную среду и направлена на генерирование, диффузию и использование знаний и инноваций, формирование стратегий и политики для обеспечения конкурентоспособности секторальной продукции [10]. В этом авторском определении отражены базисные основы системы: ориентация на обеспечение конкурентоспособности, сетевая модель развития, функции системы (генерирование, диффузия, использование знаний, разработка стратегий и политики), фундамент, на котором строится ее развитие и конкурентоспособность (база знаний, научная и технологическая парадигмы), и ее неразрывная связь с экономическими и социальными преобразованиями и институтами. Термин «секторальные» используется для целого семейства инновационных систем (секторальных, отраслевых, подотраслевых,

продуктовых), развитие которых основывается на определенной базе знаний, которая предопределяет продукцию и технологии сектора. Такой подход очень важен для разработки политики, поскольку страны могут не ставить задачу обеспечения конкурентоспособности в целом для сектора, а фокусироваться на определенной продуктовой группе и соответственно на определенной нише рынка.

Основными компонентами системы являются агенты (организации и индивидуумы), сети, институты, база знаний, продукция и технологии. Секторальные агенты для реализации своих целей формируют секторальные сети, поэтому СИС – это не просто совокупность агентов, а сети взаимодействующих, взаимозависимых агентов, реализующих основную миссию системы, которая заключается в удовлетворении потребностей общества и обеспечении конкурентоспособности и устойчивого экономического роста через инновации.

В рамках долгосрочного цикла СИС проходят несколько этапов в своей эволюции: зарождаются, растут, достигают пределов роста, развиваясь на кластере базисных инноваций, который «задается» научной и технологической парадигмами долгосрочного цикла, переходят в стадию сатурации и трансформации. В том случае если трансформационные процессы происходят разбалансировано, они могут вступить в стадию хаоса, пережив которую, начинают новый цикл.

Инновации разного типа влияют по-разному на траекторию системы, равно как и инновационные системы на различных стадиях жизненного цикла предъявляют спрос на инновации разного типа. Автором выделено четыре типа инноваций с различным потенциалом влияния: радикальные, дисраптивные, трансформационные и улучшающие. Кластер радикальных базисных инноваций трансформирует инновационную систему фундаментально. Он вырастает из научных открытий, формирующих научную

парадигму, «задает» коридор развития в рамках долгосрочного цикла, в значительной степени предопределяет ее модель и концентрируется на этапе перехода к новому долгосрочному циклу. Научная парадигма и база знаний в значительной степени предопределяют режим познания и технологическую парадигму. Внедрение радикальных инноваций связано с высокими рисками, требует фундаментальной трансформации секторальных институтов и сетей, модели функционирования агентов, режима селекции и принятия решений.

Наиболее сильное влияние на траекторию не одной, а нескольких СИС и экономики в целом оказывают дисраптивные инновации. Они базируются на открытиях фундаментальной науки, приводят к зарождению новых потребностей или способов удовлетворения «традиционных» потребностей, к появлению новых рынков, секторов экономики и новых СИС. Они предопределяют появление новых агентов, сетей, институтов, режима селекции и принятия решений. Трансформационные инновации лежат в основе перехода к новому поколению секторальной продукции и секторальных технологий. Они не выходят за рамки научной и технологической парадигмы долгосрочного цикла и основываются на ИиР, опыте производства и использования секторальной продукции и технологий. Их внедрение может потребовать реорганизации внутренней структуры организаций и секторальных сетей, связано с рисками, которые предопределяются как предпочтениями потребителей, так и способностью секторальных сетей быстро трансформироваться и адаптироваться к новым условиям. Трансформационные инновации не меняют фундаментально режим познания, селекции и принятия решений, секторальные институты и базу знаний. Улучшающие инновации нацелены на совершенствование продукции, технологий и методов организации производства, базируются не только на ИиР, но и на опыте, знаниях, которые привносят поставщики и потребители продукции и не влияют на модель СИС. Таким образом, инновации различного

типа влияют на траекторию и модель системы по-разному и основываются на различных источниках знаний.

Концепция ИС все еще содержит ряд противоречий и «белых пятен». Ч.Эдквист отмечал, что поскольку такие важнейшие понятия, как институты, организации, границы системы, показатели оценки, не разработаны, то она получила статус «концепции», а не теории [11]. К этому следует добавить, что даже не исследовались вопросы жизненного цикла ИС, закономерностей и особенностей их эволюции. Многие ученые отмечают, что подходы к анализу и оценке ИС являются описательными, статичными, теоретически недостаточно проработанными [12]. Б.-А.Лундвалл, один из отцов-основателей концепции, в одной из своих последних работ отмечал, что множество уже проведенных исследований имеют очень описательный характер и фокусируются на составлении «карты» организаций и «карты» государственных мер по реализации научной и технологической политики [13]. Поэтому проблема дальнейших теоретических и методологических исследований остается достаточно острой, при этом особую значимость приобретает исследование закономерностей эволюции инновационных систем.

Опираясь на закономерности циклического развития науки, инноваций, технологий, отраслей промышленности, специфику СИС и таксономию инноваций мы исследуем закономерности развития системы в рамках долгосрочного цикла. Это ключевая проблема, в которую в настоящее время упирается методология анализа и оценки ИС, как систем самоорганизующихся, адаптивных, открытых, развивающихся в условиях высоких неопределенностей в быстроменяющихся средах. От того на сколько мы понимаем внутреннюю логику развития инновационных систем зависит и адекватность механизмов государственного регулирования.

В эволюционной динамике СИС автором выделено четыре основных

этапа: зарождение, становление, рост или согласно Й.Шумпетеру этап креативного аккумуляции и этап перехода к новому долгосрочному циклу или этап «креативного разрушения». Для понимания этих этапов мы специфицируем процессы, выделим основные задачи политики и индикаторы, которые могут быть использованы для выявления временных интервалов, когда система переходит на новый этап развития. Как отмечали многие ученые, особый интерес представляет исследование зарождающихся СИС, поэтому мы будем использовать авторские наработки относительно зарождения и развития СИС в области нанотехнологий.

Особенности развития СИС на стадии зарождения

Стадия зарождения отличается тем, что формируется база знаний, исследовательские сети, новый режим познания, селекции научных направлений и проектов, человеческий капитал (квалифицированные научные кадры), секторальная сфера ИиР, а также исследовательская и финансовая инфраструктуры.

Развитие системы стартует с открытий фундаментальной науки, которые «задают» научную парадигму долгосрочного цикла. Первоначально исследованиями занимаются небольшие лаборатории, но по мере развития знаний появляются конкурирующие школы, разнообразные подходы к решению научных проблем (генерируется разнообразие). В результате кооперации и конкуренции происходит селекция базисных направлений фундаментальных исследований, выкристаллизовывается коридор развития фундаментальной науки в рамках новой парадигмы, и уровень разнообразия снижается. По мере накопления фундаментальных знаний начинается формирование технологической парадигмы и происходит сдвиг в сторону проблемно-ориентированных фундаментальных исследований и прикладных ИиР. Первоначально наука финансируется из государственных источников, но постепенно начинает расти роль корпораций.

Новые научные направления зарождаются в недрах сформировавшейся

модели науки, но постепенно они трансформируют ее в соответствии со спецификой новой парадигмы. Это приводит к появлению новых или реконфигурации сложившихся научных организаций, изменению взаимосвязей и сетей. Так, например, специфическая особенность нанонауки и нанотехнологий (их мульти и междисциплинарность) привели к созданию специализированных научных организаций, проводящих мульти - и междисциплинарные ИиР. Новый уровень сложности базы знаний и соответственно новые требования к научному оборудованию предопределили учреждение специализированных структур научной инфраструктуры – центров коллективного пользования (ЦКП).

Специфика знаний, научной и технологической парадигм постепенно меняет модель финансовых институтов; например, в СИСн фондам пришлось создавать мульти- и междисциплинарные экспертные советы. По мере развития научных знаний зарождаются секторальные когнитивные институты, так в СИСн мульти - и междисциплинарность науки предопределили создание нового «научного языка», поскольку изначально ученые оперировали понятиями, принятыми в научных дисциплинах. Таким образом, научная и технологическая парадигмы задают уровень сложности базы знаний, разнообразие агентов, влияют на трансформацию институтов.

Фундаментальные знания не знают границ, поэтому база знаний разрабатывается силами мирового научного сообщества. На этом этапе создаются международные и национальные исследовательские сети, уровень сложности которых находится под влиянием базы знаний. Так мультидисциплинарность нанотехнологий предопределила развитие сетей нового уровня сложности: мультидисциплинарных и межсекторальных. Сети выстраивались как по принципу комплиментарности знаний и компетенций (например, лазерная физика+электроника = фотоника), так и для завоевания конкурентных преимуществ путем объединения квалифицированных кадров и научного оборудования для исследовательского процесса, поскольку они

являются серьезным ограничительным фактором на этом этапе жизненного цикла СИС. Специальное научное оборудование еще не производится серийно, поэтому в ряде случаев научные организации самостоятельно его разрабатывают и производят, чтобы обеспечить себе лидирующие позиции.

С развитием и накоплением новых знаний встает вопрос об учреждении новых научных журналов, специальностей для подготовки кандидатов и докторов наук, разработке программ подготовки студентов. Эти процессы происходят эволюционно. Так, в нанотехнологиях первое открытие было сделано в 1931г. (электронный микроскоп, который позволил исследовать материю на молекулярном уровне), а специализированные научные журналы появились только лишь в начале 90-х годов XX века, университетские программы подготовки специалистов и новые научные специальности начали разрабатываться в 2000-е годы.

Таблица 1 Функции структур власти на стадии зарождения СИС		
<i>Создание новых научных организаций и реорганизация существующих</i>		
Финансирование образовательных программ университетов	разработки программ для	
<i>Финансирование производства оборудования</i>	<i>разработки нового</i>	<i>и научного</i>
Поддержка развития исследовательских сетей через механизмы финансирования ИиР	развития секторальных исследовательских сетей	через механизмы финансирования ИиР

Научная политика может придать ускорение развитию исследовательских сетей, генерированию знаний и повлиять на их структуру. Основные функции структур власти на этой стадии развития СИС представлены в таблице 1.

Накопление новых знаний целесообразно отслеживать с помощью показателей «количество научных публикаций» и «количество патентных заявок». Быстрый рост количества патентных заявок является индикатором перехода СИС в новую стадию развития. Так, например, при переходе СИСн в стадию становления ежегодные мировые темпы прироста патентных заявок составили 34,5%, а публикаций – 20% [14].

Формирование системообразующих компонентов СИС на стадии становления

На стадии становления автором выделены следующие основные процессы, формирующие СИС как систему: (1) создание новых рынков; (2) формирование сетей по диффузии и коммерциализации знаний, взаимодействию с сопряженными СИС и внешней средой; (3) развитие секторальных институтов; (4) развитие инновационной инфраструктуры; (5) формирование системы управления СИС.

Зарождение новых рынков происходит в условиях, когда потребитель еще не готов переключиться на новую продукцию. Во-первых, поведение потребителей отличается инерцией, поскольку они интегрированы в эволюционно воспроизводящиеся сети, у них уже «отработан» внутренний порядок, нормы, правила, то есть модель функционирования. Во-вторых, потребитель зачастую не информирован о преимуществах новой продукции, и, наконец, на ранней стадии цена остается высокой. Для придания ускорения развитию новых рынков важную роль может сыграть государство через государственные закупки и формируя налоговые преференции.

Поскольку рынок зарождающийся, то основными игроками являются малые предприятия, а крупные представлены своими spin-out компаниями.

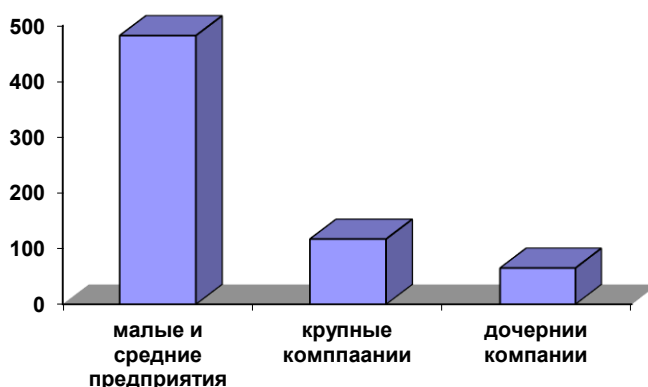


Рис. 1. Ключевые игроки на мировом рынке нанопродукции на стадии становления СИС

Так в СИСн малые предприятия составляли 77% от общего числа компаний на мировом рынке (см. рисунок 1.) (в России – около

90%). На этом этапе важную роль начинают играть спин-оффс. Так в СИСн около 70% компаний на мировом рынке являлись спин-оффс (в России – около 60%). Следовательно, важной задачей государства становится поддержка

малых предприятий, стимулирование проведения кооперированных исследований между корпорациями и государственными научными организациями и коммерциализации результатов НИОКР через механизмы государственно-частного партнерства.

Параллельно с развитием рынка формируются *секторальные институты*, прежде всего секторальные стандарты, правовая база, обеспечивающая безопасность продукции для потребителя и сотрудников, занятых производством продукции. «Правовые вакуумы» тормозят развитие рынка. Так в СИСн не разработанность стандартов повлияла на поток венчурных инвестиций, а неопределенности, обусловленные возможным отрицательным влиянием нанопродукции на здоровье населения и окружающую среду (безопасность продукции) также притормозили динамику рынка. Поскольку в условиях глобализации рынки являются глобальными, то разработка международных стандартов может придать ускорение развитию рынка и повысить финансовую устойчивость системы.

Нормативные институты на этой стадии в основном базируются на нормах, правилах и традициях, сложившихся в НИС, однако, постепенно, к ним «добавляются» нормы и правила сугубо секторальные. Когнитивные институты должны сформировать язык взаимодействия между агентами СИС для ускорения коммерциализации НИОКР и формирования приоритетов.

На этой стадии финансовую стабильность системе по-прежнему обеспечивает государство, но корпоративный сектор все больше берет на себя финансирование науки, а в коммерциализацию результатов НИОКР во многих секторах значительный вклад вносит венчурный капитал. Однако, риски высоки и для венчурных капиталистов, поэтому разумной позицией государства является разделение рисков с венчурным бизнесом. Кроме того, у венчурных фондов недостаточно компетенций для ведения бизнеса (нет понимания специфики бизнеса, необходимой информации, связей и подготовленных кадров). Формирование необходимых компетенций и

человеческого капитала для институтов инновационной и финансовой инфраструктуры превращаются в ключевую проблему.

Параллельно с этими процессами *создаются структуры секторальной инновационной инфраструктуры* (центры трансферта технологий (ЦТТ), информационные, маркетинговые, форсайт центры). Первоначально СИС встраивается в структуры НИС, однако, для того, чтобы системе работать эффективно они должны реконфигурироваться в соответствии с требованиями научной и технологической парадигмы. Например, в СИСн особую роль в развитии бизнеса играют инкубаторы; чтобы работать с новыми резидентами они должны трансформировать свою модель (набор услуг, взаимосвязи с другими агентами СИСн, прежде всего с наукой, ЦКП). Увеличивается разнообразие бизнес-инкубаторов, их функциональная специализация (возникают спин-оффс инкубаторы, инкубаторы без стен, нацеленные на выращивание высокотехнологичных компаний в условиях высокого уровня неопределенностей и глобализации рынков) и плотность взаимосвязей инкубаторов с другими структурами СИС. Первоначально секторальные агенты (например, специализированные инкубаторы) встроены в сформировавшиеся национальные и международные сети, но постепенно начинают выстраиваться секторальные сети.

На стадии становления *создается система управления СИС*, а именно, отделы или специальные структуры в институтах власти, а также координационные механизмы, информационная база для принятия решений, технологии формирования приоритетов (селекции). Система управления должна основываться на специфике научной и технологической парадигмы. Так межсекторальность нанотехнологий предопределила введение специальных координационных механизмов (межведомственные советы, межсекторальные национальные программы), а мульти – и междисциплинарность – разработку новых механизмов селекции (селекция межсекторальными и мультидисциплинарными сетями).

На этом этапе *зарождаются секторальные сети* по диффузии знаний, коммерциализации результатов НИОКР, горизонтальные сети (между центрами трансфера технологий, инкубаторами, венчурными фондами), сети с поставщиками и потребителями продукции, с наукой. Сети ускоряют процессы формирования новых компетенций, когнитивных институтов и генерирования знаний, необходимых для трансформации модели функционирования агентов в соответствии с новой научной и технологической парадигмой. Самоорганизация играет важную роль, поэтому государство должно разрабатывать меры поддержки самоорганизации, превращения агентов в самоорганизующиеся, адаптирующиеся и обучающиеся компании. Такими мерами могут стать технологические платформы, форсайт-программы. Они позволяют снизить неопределенности и создают площадку для диалога, обучения, формирования компетенций, сетей и разработки согласованного видения перспектив развития. Важнейшей задачей государства становится обеспечение институциональной сбалансированности для согласованного развития основных подсистем СИС: генерирования, диффузии и использования знаний. Это позволит придать ускорение развитию системы и повысить ее конкурентоспособность.

На этапе становления научная и технологическая парадигмы ставят

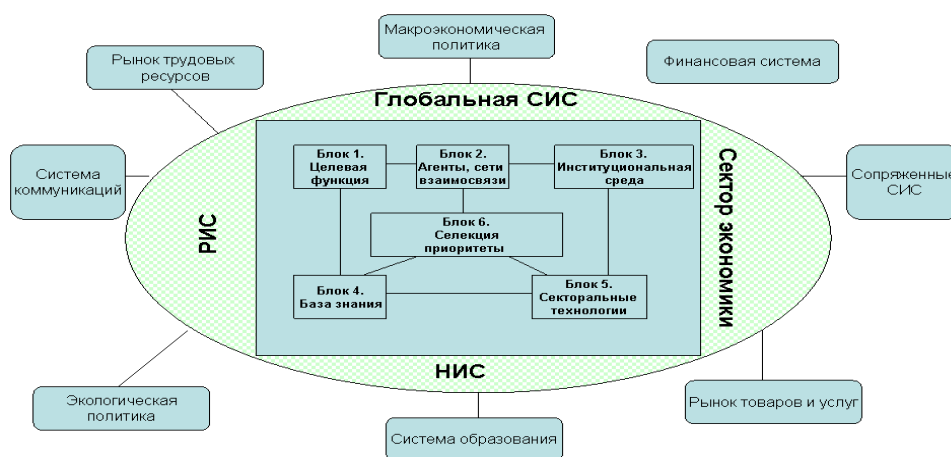
новые

требования к внешней среде:

сопряженные СИС, система образования, коммуникаций и другим. В

процессе

коэволюции



все агенты СИС и внешней среды накапливают компетенции и реконфигурируются в соответствии с требованиями научной и технологической парадигмы. Это приводит к согласованности и связанности в развитии системы. Основные подсистемы внешней среды представлены на рисунке 2.

При вхождении СИС в стадию становления «вход» в систему для новых агентов открыт и разнообразие агентов велико. В процессе коэволюции рынка, агентов и институтов происходит селекция рынком продукции, формирование доминирующей модели, что снижает уровень разнообразия, способствует росту компаний и концентрации производства.

Таким образом, драйвером развития на этом этапе является научная и технологическая парадигмы, которые задают требования всем агентам, институтам и сетям, а способность агентов к самоорганизации становится основой трансформационных процессов, которые формируют систему.

Траектория системы выстраивается как результат самоорганизации и проводимой государством политики, а также под влиянием внешних факторов. Основные функции структур власти на этой стадии представлены в таблице 2.

Накопленные компетенции и рост рынка позволяют снизить издержки, цены и все это вместе взятое приводит систему в стадию роста. Индикаторами перехода системы в новую стадию является рост продаж, сокращение доли малых предприятий и соответственно рост доли крупных компаний.

Таблица 2 Функции структур власти на стадии становления СИС

<i>Государственные закупки новых видов секторальной продукции</i>		
<i>Государственные преференции для новых видов секторальной продукции</i>		
<i>Финансовая поддержка стартовым и спин-оффс компаниям</i>		
<i>Государственная поддержка кооперированных государственных организациями и</i>	<i>ИиР</i>	<i>поддержка между научными корпоративным сектором</i>
<i>Коммерциализация</i>	<i>НИОКР</i>	<i>через механизмы государственно-частного партнерства</i>
<i>Разработка правовой базы для СИС</i>		
<i>Разработка секторальных стандартов</i>		
<i>Разделение рисков с венчурными капиталистами</i>		
<i>Создание системы управления СИС</i>		

Секторальные инновационные системы на этапе роста

На этапе роста СИС представляет собой целостную систему, в которой связанность агентов позволяет реализовывать скоординированные и согласованные действия. Можно говорить о том, что СИС работает в замкнутом режиме и не пропускает нововведения (Шумпетерского инноватора), которые были бы способны разрушить целостность системы и вывести ее из состояния динамического равновесия. Секторальные институты, система образования, сопряженные СИС также «настроены» на потребности СИС. Согласованность и неопределенности являются движущей силой эволюции СИС на этом этапе. Неопределенности выполняют созидательную функцию двигателя эволюционных изменений на микроуровне. Источником изменений являются знания и внешняя среда. Рассмотрим их подробнее.

Наука генерирует новые знания. Ускоряющийся ритм эволюции приводит к быстрому зарождению новых научных и технологических областей (например, в нанотехнологиях только за последние годы возникли такие области, как наномагнетики, наномоделирование, метаматериалы) и новых технологий (например, графен в нанотехнологиях), которые трансформируют базу знаний и будут предопределять конкурентоспособность СИС. В результате в СИС появляются новые агенты, меняется структура базы знаний и устаревают накопленные знания и компетенции, следовательно, равновесие нарушается, генерируются неопределенности, которые, воздействуя на всех агентов, заставляют их трансформироваться в направлении нового равновесного состояния; это и становится двигателем трансформационных изменений. Для обеспечения конкурентоспособности СИС новые знания нужно конвертировать в рыночный продукт. Коммерциализация осуществляется либо компаниями сектора, либо новыми фирмами. В любом случае равновесие на рынке нарушается, растут неопределенности, компании-инноваторы должны трансформировать сети и потребителя. Потребитель не является пассивным звеном, более того он

разнороден (индивидуальные потребители, крупные, средние, малые компании, которые характеризуются различной инновационной активностью, поведением, компетенциями, информированностью о новой продукции). Компетенции потребителя, их инновационная настроенность оказывают существенное воздействие на инновационные процессы в СИС. Для ряда секторов основной потребитель в значительной степени предопределяет вектор инновационных процессов. Именно поэтому в ряде СИС потребителей включают не только в программы форсайта, но и в инновационную деятельность компаний.

В динамике СИС и инновационной активности компаний можно выделить чередующиеся стадии, увязанные с динамикой спроса. Внедрение продуктовой инновации приводит к появлению новой продукции, рынков или трансформации уже сложившихся рынков. Первоначально развитие новых сегментов рынка происходит за счет спроса инновационно настроенных потребителей. Когда их спрос достигает пределов роста, то компании переключаются на процесс инновации, с тем, чтобы снизить издержки производства и расширить границы рынка за счет новых потребителей. При насыщении рынка происходит переход к новому поколению продукции путем внедрения трансформационных продуктовой инноваций. И продуктовые, и процесс-инновации генерируются не только наукой, но и вырастают из опыта производства и использования продукции. Следовательно, инновации нарушают равновесие, генерируют неопределенности и требуют трансформации сетей, внутренней организации компаний. Инновации генерируют разнообразие, а селекция на рынке и в рамках инновационной политики снижают разнообразие. В результате эволюционно меняется институциональная структура СИС, значимость различных агентов, сети, секторальная продукция и технологии, структура базы знаний.

Внешняя среда может также пошатнуть равновесие (новые национальные цели, ресурсные ограничения, научные прорывы в

сопряженных СИС, экологические стандарты и т.д.) и привести к структурным изменениям, потребовать новых знаний, изменить значимость различных агентов, но поскольку потребности общества и спрос сохраняются, то система способна адаптироваться к новым условиям, она является устойчивой.

Таким образом, агенты, сети, знания, технологии и спрос в процессе коэволюции формируют динамику и траекторию системы. На микроуровне неопределенности являются двигателем трансформационных изменений, но на макроуровне система является целостной, согласованной, устойчивой, поскольку все флуктуации происходят в рамках научной и технологической парадигмы долгосрочного цикла.

Поскольку ритм эволюции ускоряется, то важнейшей задачей структур власти является корректировка приоритетов, обеспечение институциональной сбалансированности системе, создание условий для быстрой трансформации сетей и разработка всеми агентами согласованного видения перспектив развития через программы Форсайта и технологические платформы.

Таким образом, сама политика должна быть адаптивной и в ней должен быть заложен механизм, помогающий всем агентам самоорганизоваться и

Таблица 3. Функции структур власти на стадии роста
<i>Разработка адаптивной политики, быстрая корректировка приоритетов</i>
<i>Обеспечение институциональной сбалансированности СИС</i>
<i>Разработка согласованного видения перспектив развития СИС всеми агентами системы</i>
<i>Создание условий для быстрой трансформации сетей (через кластеры, технологические платформы)</i>
<i>Формирование базы знаний для последующего долгосрочного цикла через финансирование фундаментальных исследований</i>

адаптироваться. Кроме того, на этом этапе необходимо придать ускорение формированию базы знаний следующего долгосрочного цикла, поэтому поддержка фундаментальной науки превращается в важнейшую задачу. Основные функции структур власти аккумулированы в таблице 3.

Эта стадия характеризуется ростом производительности труда, эффективности производства, снижением затрат ресурсов на единицу продукции.

Трансформация СИС при переходе к новому порядку

В фазе длинноволнового спада традиционные рынки переполнены, секторальная продукция и технологии исчерпали потенциал своего роста, поэтому резко падает эффективность капитальных вложений в традиционных направлениях и внедрение базисных нововведений становится единственной возможностью прибыльного инвестирования. Одновременно нарастающие новые проблемы в экономике и обществе, на решение которых в значительной степени направлена секторальная продукция нового цикла, превращаются в стимуляторы спроса. Обостряется конкуренция за ресурсы и рынки сбыта между агентами, прокладывающими дорогу новой модели СИС, и агентами, «работающими» на старую модель. Кумулятивный эффект действия этих факторов приводит систему в неравновесное состояние, она теряет целостность, становится уязвимой и неустойчивой и переходит в открытый режим функционирования. Система оказывается в точке бифуркации, где неопределенности высоки.

Опираясь на закономерности циклической динамики науки и технологий, а также на теорию хаоса автором выделены три возможных траектории трансформации СИС: согласованная трансформация модели СИС, разбалансированная и хаотическая. Если происходит когерентная трансформация агентов, сетей, институтов, базы знаний, перестраиваются сопряженные СИС, система образования, то это создает благоприятные условия и система может плавно пройти стадию трансформации. Согласованная трансформация в значительной степени зависит от накопленных знаний относительно перспектив развития в будущем, согласованных действий агентов и сбалансированности в развитии подсистем генерирования, диффузии и использования знаний.

Если конфликт между новой научной и технологической парадигмами и сформировавшейся моделью СИС разрешить не удастся, то система переходит в стадию разбалансированной трансформации, на которой развитие новых

базисных инноваций блокировано, поэтому они не могут реализовать свой потенциал. Ригидность институтов [15] играет ключевую роль на этом этапе. С одной стороны, институты сопротивляются изменениям, и это вступает в противоречие с необходимостью фундаментальной трансформации. С другой стороны, эмпирические исследования СИС в области нанотехнологий показывают, что для разработки новых стандартов, правовой базы для новой СИС недостаточно компетенций. Новые когнитивные институты формируются в процессе взаимодействия агентов, поэтому на это требуется время. Конфликт между новой научной и технологической парадигмами и институтами может усугубляться конфликтом между требованиями новой парадигмы к системе образования, сопряженным СИС и их инерцией. Эти основные факторы определяют разбалансированную трансформацию к новому порядку. Новая секторальная продукция и технологии пытаются включиться в старую модель СИС (секторальные институты, сети, сопряженные СИС), но не могут реализовать свой потенциал. Источники роста старой модели также исчерпаны. Псевдоинновации могут стимулировать вторичную волну спроса, но вторичный спрос много пассивнее. Это приводит к снижению эффективности производства, росту безработицы.

Если на факторы, сформировавшиеся в рамках разбалансированной трансформации, накладываются внешние факторы (аттракторы) в политической, экономической, социальной сферах, то это может стать основой хаотической трансформации, когда усиливаются позиции старой модели СИС и происходит разрушение основ новой модели. Примером является трансформация российской науки и инновационной системы России в 90-е годы [16]. Хаотическая трансформация в значительной степени определяется внешними аттракторами и неспособностью системы быстро реагировать на новые вызовы ввиду ригидности институтов, высокого уровня неопределенностей и недостатка компетенций. Отличие хаотической трансформации от разбалансированной заключается в деградации базы знаний

нового цикла, сокращении научных организаций и ученых, занятых генерированием новых знаний, разрушению сформировавшихся исследовательских сетей.

В переходный период возрастает роль государства. Важнейшей задачей политики является поддержка новых агентов, разработка секторальных стандартов, правовой базы, обеспечение институциональной сбалансированности, поддержка процессов самоорганизации, формирование новой модели политики (координационных механизмов, информационной базы, компетенций), разработка программ форсайта для формирования согласованного видения перспектив развития и снижения тем самым неопределенностей для всех агентов, создание технологических платформ, позволяющих придать ускорение развитию новых сетей и когнитивных институтов.

Post scriptum.

Таким образом, исследование циклической динамики СИС показывает, что самоорганизация, адаптивность, сбалансированность, согласованность развития агентов внутри системы и согласованное развитие системы и внешней среды играют определяющую роль в обеспечении устойчивости и конкурентоспособности СИС.

Список литературы

1. Edquist, C. Systems Of Innovation: Perspectives And Challenges/ The Oxford Handbook Of Innovation/Eds. by J. Fagerberg, D.C. Mowery, R. Nelson. - New York.: Oxford University Press, 2005. - P. 181-208
2. Freeman C. Technology policy and economic performance: lessons from Japan. London.: Pinter, 1987. 155 p.
3. National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning; Ed. by Lundvall B-A. N.Y.:Pinter Pub Ltd., 1992, 342 p.

4. Nelson R. National Innovation Systems: A Comparative Analysis. New York.: Oxford Un. Press., 1993. 541 p.
5. Dosi G. Opportunities, incentives and the collective patterns of technological change // Economic Journal. 1997. Volume 107, Issue 444. P. 1530–1547
6. Edquist C. (ed.) Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations. London: Pinter Publishers, 1997. 432 p.
7. Cooke P., Gomez Uranga M. Extremadura Regional Innovation Systems: Institutional and Organizational dimensions // Research Policy. 1997. N. 4-5. P. 475-493
8. Malerba, F. Sectoral Systems of Innovation and Production/ F. Malerba. DRUID Conference on: National Innovation Systems, Industrial Dynamics and Innovation Policy, 1999. – 36 p. (memo)
9. Schrepf, B., Kaplan, D., Schroeder, D. National, regional and sectoral systems of innovation – An overview report for FP7 project “Progress”. - European Commission, 2013. - 32 p.
10. Гапоненко Н.В. Теоретические основы исследования секторальных инновационных систем. - М.: ИПРАН РАН, 2013
11. Edquist C. The System of Innovation Approach and Innovation Policy: An Account of the State of the Art, 2011.
12. Schrepf, B., Kaplan, D., Schroeder, D. National, regional and sectoral systems of innovation – An overview report for FP7 project “Progress”. European Commission, 2013. - 32 p.
13. Lundvall, B. National innovation system: analytical focusing device and policy learning tool. – Sweden: ITPS, 2007. – 59 p. (memo).
14. Гапоненко Н.В. Секторальная инновационная система России в области нанотехнологий. - М.: ИПРАН РАН, 2013
15. Hannan, M.T., Freeman, C. Structural Inertia and Organizational Change// American Sociological Review. – 1984. 49(2). - P. 149-164
16. Gaponenko, N. Transformation of the Research System in Transitional Society: The Case of Russia// Social Studies of Science. – 1995. – Vol 25, N4

References

1. Edquist, C. (2005). Systems Of Innovation: Perspectives And Challenges. *The Oxford Handbook Of Innovation*/Eds. by J. Fagerberg, D.C. Mowery, R. Nelson. New York, Oxford University Press, pp. 181-208.
2. Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: lessons from Japan*. London, Pinter.
3. Lundvall, B-A (Ed). (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. N.Y. Pinter Pub Ltd.
4. Nelson, R. (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. New York, Oxford Un. Press.
5. Dosi, G. (1997). Opportunities, incentives and the collective patterns of technological change. *Economic Journal*, (107)444, 1530–1547.
6. Edquist, C. (ed.) (1997). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London: Pinter Publishers.
7. Cooke, P. & Gomez, Urange M. Extebarria (1997). Regional Innovation Systems: Institutional and Organizational dimensions. *Research Policy*, (4-5), 475-493.
8. Malerba, F. (1999). *Sectoral Systems of Innovation and Production. DRUID Conference on: National Innovation Systems, Industrial Dynamics and Innovation Policy (memo)*.
9. Schrepf, B., Kaplan, D. & Schroeder, D. (2013). *National, regional and sectoral systems of innovation. An overview report for FP7 project "Progress"*. European Commission.
10. Gaponenko, N.V. (2013). *Teoreticheskie osnovy issledovaniya sektoral'nykh innovatsionnykh sistem* [Theoretical Foundations of Sectoral Innovation Systems Research]. Moscow, IPAN RAN.
11. Edquist, C. (2011). *The System of Innovation Approach and Innovation Policy: An Account of the State of the Art*.
12. Schrepf, B., Kaplan, D. & Schroeder, D. (2013). *National, regional and sectoral systems of innovation. An overview report for FP7 project "Progress"*. European Commission.
13. Lundvall, B. (2007). *National innovation system: analytical focusing device and policy learning tool*. Sweden, ITPS (memo).

14. Gaponenko, N.V. (2013). *Sektoral'naya innovatsionnaya sistema Rossii v oblasti nanotekhnologiy* [Sectoral innovation system of Russia in the field of nanotechnology]. Moscow, IPRAN RAN.
15. Hannan, M.T. & Freeman, C. (1984). Structural Inertia and Organizational Change. *American Sociological Review*, 49 (2), 149-164.
16. Gaponenko, N. (1995). Transformation of the Research System in Transitional Society: The Case of Russia. *Social Studies of Science*, 25(4).