

Превалирующая роль университетов в модели тройной спирали



П.Н. Дробот

к. ф.-м. н., доцент, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), факультет инновационных технологий, кафедра «Управление инновациями»
dpn@sbi.tusur.ru

Д.А. Дробот

специалист по маркетингу, Томский государственный университет, Отдел трансфера технологий
tomsk3000@mail.ru



А.Ф. Уваров

к. э. н., Проректор по инновационному развитию и международной деятельности, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР)
au@tusur.ru



Модель Тройная спираль приобрела популярность в современной инноватике. Это модель инновационного развития, основанная на взаимодействии университетов, бизнеса и власти. У каждой компоненты этой модели есть свои собственные характеристики и параметры измерения. Математические методы позволяют исследовать компоненты по отдельности, но это невозможно для сфер пересечения и взаимодействия компонент. Использование аналогий помогает пониманию сложной модели Тройной спирали. Существует явление спиральной неустойчивости плазмы конденсированных сред и биоплазмы растительных экосистем, которая характеризуется подобием формы и качественной аналогией модели Тройной спирали. Качественное рассмотрение аспектов модели Тройной спирали по аналогии с хорошо изученными закономерностями спиральной неустойчивости облегчает понимание механизмов модели Тройной спирали.

Ключевые слова: тройная спираль, пороговые условия, спиральная неустойчивость, спиральная гармоника.

Приоритетной основой современного прогрессивного общества является экономика знаний, которая по своему определению зависит от степени внедрения в промышленность технических и технологических нововведений (инноваций). Прогресс современного общества невозможен без осмысленного управления инновационным развитием и его моделирования. В связи с этим в настоящее время чрезвычайно возросла потребность в разработке соответствующих моделей инновационного развития, в том числе и в узком смысле слова «модель» — как физико-математический или другой аналог процесса инновационного развития.

За последние пятнадцать лет в западной инноватике приобрела популярность модель инновационного развития, основанная на исследовании сложного взаимодействия трех основных составляющих: университеты, бизнес и власть (university, business, government) [1]. Сцепление трех составляющих в тесном взаимодействии представлялось авторам модели подобным сцеплению спиральных структур молекулы ДНК и модель получила название Triple Helix, которое оказалось настолько удачным, что прочно

прижилось в литературе и принято научной общесственностью. В настоящее время эта модель получила признание в отечественной инноватике как модель Тройной спирали (ТС) [2–4].

Конкретное применение модели ТС в количественных оценках оказалось не очевидным в силу сложности моделируемых взаимоотношений. Наука тогда становится наукой, когда ее инструментарий способен измерять и выражать количественно величины, определяющие закономерности развития изучаемого явления. Если в физических средах измерения физических величин чаще всего не вызывают принципиальных затруднений, то измерения в сложных социо-экономических средах характеризуются значительными трудностями.

В модели ТС каждая спираль по отдельности представляет собой самостоятельный процесс и имеет уникальное качество и свои специфические величины — измерительные параметры. При этом для каждого процесса ТС существуют достаточно развитые теории, объясняющие динамику его развития. Для U-компоненты (university) применимы принципы библиометрии и наукометрии и соответствующие из-

мерительные показатели: количество заявок на получение патентов, число полученных патентов, количество публикаций в рецензируемых журналах и индексы цитирования. В нашем случае спираль U -компоненты будем понимать шире, включая сюда в том числе академическую науку. Под B -компонентой (business), прежде всего, будем понимать технологический бизнес (industry) [1], ориентированный на внедрение в промышленность новшеств, поступающих от U -составляющей. Для B -компоненты — это экономические модели и соответствующие измерительные показатели. Для G -компоненты (government) — анализ политической деятельности государства и ее влияния на развитие U - и B -составляющих ТС.

Результативность U -компоненты, выраженная в количестве печатных работ и ссылок на них, при пересечении науки с технологическими нововведениями определяет количество патентов. Количество созданных на основе патентов или ноу-хау высокотехнологичных предприятий и оценка их эффективности экономическими показателями дает информацию о развитии B -компоненты. Эти данные являются первичными статистическими данными и эффективно учитываются методами дескриптивной статистики: наблюдение, учет и свodka статистических данных, последующая группировка первичных данных по группировочным признакам и дальнейший анализ для выявления закономерностей. Соответственно, в выбранных рамках анализа, например на региональном уровне, обязательно необходим сбор, учет и накопление указанных статистических данных, что позволит эффективно исследовать развитие U - и B -составляющих по отдельности. Однако статистический анализ взаимодействия U - и B -составляющих ТС затрудняется несовпадением группировочных признаков в статистике U -компоненты и в статистике B -компоненты.

Анализ взаимодействия G -компоненты с остальными процессами ТС возможен на основе влияния на их развитие принятых национальных и региональных решений (особые экономические зоны, технопарки и инкубаторы, законы) и прямого государственного финансирования академической науки, университетских инновационно-образовательных программ и поддержки малого технологического бизнеса. Этот анализ так же, в конечном счете, сводится к статистическому анализу вызванного G -влиянием роста числа публикаций, индексов цитирования, количества патентов, числа наукоемких предприятий, объемов выпускаемой ими новой продукции и других экономических показателей.

И здесь тоже имеются свои трудности, например, связь между результатами инновационной деятельности и затратами на нее однозначно не установлена, известно только что связь эта нелинейная. Поэтому непосредственное сопоставление показателей U -компоненты с величиной затрат на исследования и разработки не дает оценки уровня инвестиций для развития целостной системы ТС.

Анализ процессов ТС, рассмотренный выше, опирается на математический аппарат, включающий дифференциальные уравнения для экономических моделей, методы статистических наблюдений и группировки, регрессионный анализ, спецметоды наукометрии и библиометрии. Этот аппарат, подходящий для соответствующих компонент по отдельности, слабо подходит для анализа пограничных областей, в которых происходит взаимодействие компонент. Трудности, с которыми сталкивается исследователь модели ТС, лишний раз подчеркивают сложность изучаемой среды. В подобных случаях, когда явным образом затруднительно получить решение задачи, иногда прибегают к методу аналогий.

Например, явление винтовой (спиральной) неустойчивости (ВН) электронно-дырочной плазмы, известное так же как осцилляторный эффект, характерно не только подобием спиральной формы, но и качественной аналогией модели «трех винтов» — ТС. ВН — это возникновение и усиление спиральных волн плотности полупроводниковой электронно-дырочной плазмы $n_1(r, z, \varphi)$, которые имеют вполне конкретный математический вид:

$$n_1(r, z, \varphi) = f(r, z) \exp(im\varphi + ik_z z - i\omega t) \quad (1)$$

где r, z, φ — цилиндрические координаты; k_z — составляющая волнового числа вдоль длины образца; m — угловое (азимутальное) число; ω — круговая частота; $f(r, z) = f_1(r)Z_0(z)$, $Z_0(z)$ — некоторая слабая функция от z , показывающая, что плотность плазмы постоянна вдоль длины полупроводникового цилиндрического образца, $f_1(r)$ — некоторая функция от радиуса, которая аппроксимируется функцией Бесселя первого порядка $J_1(\beta_1 r)$, $\beta_1 = (\alpha_1/a)$, α_1 — первый ноль J_1 , a — радиус цилиндрического образца.

Примечательно, что недавно спиральная неустойчивость была обнаружена и исследована в плазме живой самоорганизующейся материи в растительных экосистемах. Биоплазма исследовалась в образцах подсолнечника, сои и пшеницы [5]. В нашем случае этот факт определенным образом показывает справедливость междисциплинарного подхода, использующего метод аналогий. Для модели ТС характерно использование био-аналогий, начиная с самого названия модели. Как отмечено в работе [4] теория ТС была создана путем синтеза ряда социологических теорий, а также заимствований и аналогий из биологических наук.

Спиральные волны плотности плазмы возникают и усиливаются под совместным действием двух факторов: 1) электрическое поле E , направленное вдоль длины образца и созданное напряжением, приложенным к торцевым контактам цилиндрического полупроводникового стержня; 2) внешнее магнитное поле B , параллельное E . Под действием поля E происходит небольшое разделение квазинейтрального винта плотности плазмы на электронную и дырочную компоненты и появление поперечного длине образца и оси z электрического поля $E_{\perp} \sim E$, вызванного этим

сдвигом. Взаимодействие внешнего B и поперечно-го электрического поля $E_{\perp} \sim E$ усиливает амплитуду спиральной волны.

Хорошо изученные закономерности развития ВН [6, 7] способствуют пониманию качественных закономерностей развития в модели ТС. Эти закономерности, которые можно отметить в первую очередь, следующие:

1) возникновение ВН носит пороговый характер, то есть происходит при достижении B и $E_{\perp} \sim E$ пороговых значений, достаточных для появления основной спирали $m = 1$, имеющей наиболее низкий порог возбуждения;

2) амплитуда основной спирали растет с ростом B и E выше пороговых B_n и E_n и соответствующим ростом надкритичностей $\Delta_E = \text{const} = (E - E_n)/E_n$ и $\Delta_B = \text{const} = (B - B_n)/B_n$;

3) при значительном выходе за порог при каждой надкритичности (по E или по B) $\Delta_{E,B} > 1$ возбуждаются спиральные волны с $m = 2$ и $m = 3$, порог возбуждения которых больше порога основной гармоники $m = 1$ и амплитуды которых тоже возрастают с ростом соответствующих им надкритичностей $\Delta_{E,B}$. Конфигурация возмущений приобретает, соответственно, вид двух или трех спиралей, взаимодействующих друг с другом;

4) амплитуды каждой из спиральных волн стремятся к насыщению или выходят на насыщение при значительном выходе за порог их возбуждения, когда $\Delta_{E,B} > 1$;

5) в «объемном» осциллисторе, лучшим образом подходящем к модели ТС, снижение скорости рекомбинации электронов и дырок на поверхности полупроводника снижает порог ВН и способствует усилению и развитию спиральных волн. «Объемным»

называется осциллистор, в котором спиральные волны возникают во всем объеме полупроводникового образца.

Качественное подобие закономерностей развития и взаимодействия спиралей в модели ВН и в модели ТС представлено в табл. 1, в которой сопоставляются известные закономерности ВН и их качественное воплощение в модели ТС.

Рассмотрим все закономерности в порядке следования применительно к модели ТС. В результате труда ученых, создающих новые знания, возникает и усиливается по амплитуде спираль U -компоненты, которая по мере изученности научной проблемы замедляет свой рост и амплитуда ее выходит на насыщение. При достижении достаточно больших значений количества печатных работ, индексов цитирования и коцитирования в выбранной области научных исследований возникают пороговые условия для перехода полученных знаний в область трансфера технологий, получения патентов, создания технологических фирм и предприятий. Тем самым достигаются пороговые условия для возникновения спирали B -компоненты, которая усиливается с ростом числа патентов и производственных предприятий, использующих знания, созданные при развитии U -спирали. Вследствие рыночного регулирования (баланс спроса и предложения, конкуренция) этот рост не может продолжаться бесконечно, так что рост B -компоненты замедляется и ее амплитуда выходит на насыщение. Вместе с тем, в силу тех же рыночных условий, происходит гибель, «рекомбинация», производственных предприятий. Здесь становится особенно важной способствующая инновационному развитию активность третьей, G -компоненты, направленная на уменьшение гибели наукоемких производственных фирм.

Таблица 1

Спиральная неустойчивость	Тройная спираль
1) Пороговый характер возникновения спиральных волн	
При достижении пороговых значений B и $E_{\perp} \sim E$ возникает основная спираль с угловым числом $m = 1$	В результате труда ученых, создающих новые знания на неразработанном поле инновационной тематики, при достижении порогового объема знаний первой возникает основная спиральная U -компонента
2) При значительном выходе за порог образования основной спирали происходит образование и усиление новых спиральных гармоник	
При $\Delta_{E,B} > 1$ возникают и развиваются спиральные волны с угловыми числами $m = 2$ и $m = 3$	Развитие активности спиральных B - и G -компонент
3) Для каждой спиральной компоненты при значительном выходе за порог возбуждения рост амплитуды замедляется и/или амплитуда выходит на насыщение	
Выход на насыщение при значениях надкритичности Δ_E , $\Delta_B > 1$	Замедление роста B -компоненты вследствие рыночного регулирования
4) Диссипативное влияние окружающей среды	
Рекомбинация электронов и дырок на поверхности полупроводника повышает порог ВН, что ведет к ослаблению и гашению винтовых волн	В силу рыночных условий — гибель, «рекомбинация», малых производственных предприятий

При определении роли университетов в модели ТС нас, прежде всего, интересует пороговый характер возникновения спиральных генераций. На неразработанном поле инновационной тематики, выбранной учеными и благодаря их труду, в результате аккумуляции научного материала создаются пороговые условия для возбуждения спирали, имеющей наиболее низкий, среди всех возможных спиралей, порог возбуждения — это спираль U -компоненты. На этом этапе еще не существует предпосылок, пороговых условий, для возбуждения других спиралей, B -компоненты и G -компоненты. В этом процессе основную роль играют университеты, создавая предпосылки для возникновения B -компоненты. Без развития U -компоненты появление B -компоненты в модели ТС невозможно. Эти предпосылки появляются при достижении достаточно больших, соответствующих пороговым для возникновения B -компоненты, значений объема знаний в выбранной области научных исследований. Здесь возникают условия для трансфера знаний и технологий и создания технологических фирм и предприятий.

Возможны ситуации, когда посылки от органов власти и управления (G -компонента) или производственного сектора экономики (B -компонента) ставят задачи перед исследователями по разработке той или иной научной проблемы, играющей важную роль в развитии технологий, технологического бизнеса и получения прибыли или имеющей большое значение для государства, его национальной безопасности. Так было, например, с развитием атомных проектов в Германии, в США и в СССР в 40-х годах прошлого века.

Тем не менее, возникновение таких обратных связей между компонентами ТС не снижает роли университетов (U -компоненты), так как посылки обратной связи могут быть восприняты только достаточно разработанным в научном плане полем U -компоненты, когда создан достаточно большой научный задел.

Обратная связь может быть положительной, когда ее сигналы соответствуют направленности научного задела и способствуют его дальнейшему развитию, или отрицательной в противном случае. Однако генерация и накопление научного знания в университетах всегда является первичным явлением.

Таким образом, университеты и в модели ТС, и в развитии экономики знаний всегда играют преобладающую роль. Качественное рассмотрение аспектов модели ТС по аналогии с хорошо изученными закономерностями ВН облегчает понимание механизмов ТС и не претендует на попытку их количественного анализа. Возможно, указанный путь — предмет дальнейших исследований. Для проверки выявленных качественных закономерностей в модели ТС по-прежнему важное значение имеет фактический материал — числовые статистические данные по всем трем компонентам ТС и их анализ.

Литература

1. Etzkowitz H. The Triple Helix: University — Industry — Government Innovation in Action. Routledge, 2008. 180 pp.
2. Pudkova V.V., Uvarov A.F. Elements of success for government, industry and university relations in Siberia // 7th Biennial International conference on University, Industry and Government Linkages. 7–19 June 2009. Glasgow, UK. P. 48–50.
3. Клемешев А.П., Гиреев Т.Р. Отношения «университет — индустрия — правительство» и институты экономического развития // Проблемы управления (РБ). 2008. № 4. С. 49–55.
4. Дежина И.Г., Киселева В.В. Государство, наука и бизнес в инновационной системе России. М.: ИЭПП. 2008. 227 с.
5. Бойченко А.П., Яковенко Н.А. Плазменные процессы в растительных экосистемах и их газоразрядно-фотографический мониторинг // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2008. № 1. С. 62–73.
6. Gaman V.I., Drobot P.N. Threshold Characteristics of Silicon Oscillators // Russian Physics Journal. 2001. V. 44. №1. P. 55–60.
7. Gaman V.I., Drobot P.N. Threshold Frequency of Helical Electron-Hole Plasma Instability // Russian Physics Journal. 2001. V. 44. №11. P. 1175–1181.

Prevailing role of universities in the triple helix model

D. Drobot, Marketing Specialist, Tomsk State University, Technology Transfer Office

P. Drobot, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Faculty of Innovative Technologies, Department of «Management Innovation»

A. Uvarov, Candidate of Sciences in Economics, Vice-Rector for Innovations, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics

The Triple Helix model is widespread in the modern innovatics. It's a model of innovative development based on interaction of universities, business and government. Every component of this model has its own characteristics and measurement parameters. The means of mathematic allows investigating the components separately, but it doesn't do for spheres in which the components are interacting. The using of analogies helps to the understand the consistent patterns of the Triple Helix model. There is a phenomenon of helical instability of plasma of the condensed matter and bioplasma of vegetative ecosystems which is characterized by the similarity of form and qualitative analogy of the Triple Helix model. Qualitative consideration of aspects of the Triple Helix model by analogy to well studied regularity helical instability facilitates understanding of mechanisms of the Triple Helix model.

Key words: triple helix, threshold conditions, spiral instability, spiral harmonic.