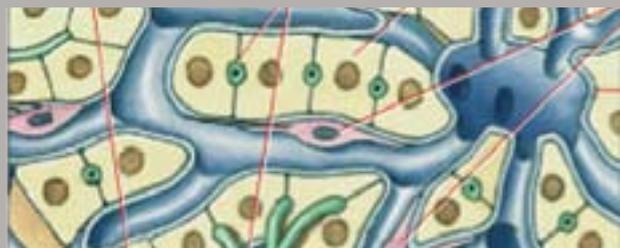


Бразильская ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА



В СФЕРЕ

БИОТЕХНОЛОГИЙ*



В. Жудисе, К. Ведовелло

Структура биотехнологической инновационной системы

Научно-технологическая инфраструктура в сфере биотехнологий охватывает многие университеты, исследовательские центры, технологические институты, научные фонды, которые осуществляют исследования и подготовку кадров. Для оценки масштабов их деятельности в Бразилии использовалась база данных исследовательской группы Национального совета по научному и технологическому развитию (CNPq), на основе которой были проанализированы отрасли биотехнологии, наиболее значимые как на национальном, так и международном уровнях.

В 2002 году основные исследования проводились в области генетики животных и растений, иммунологии, геномики, фармацевтики и вакцин, а в 2004 году к этим направлениям прибавились биоразнообразие и биоматериалы (табл. 1).

Значительная часть научного потенциала в области биотехнологий сконцентрирована в юго-восточном регионе Бразилии, а именно в штатах Сан-Паулу, Минас-Жерайс и Рио-де-Жанейро. На долю региона приходится более 40% общего объема исследований по

биотехнологиям, а в целом ряде направлений эта доля достигает 60%.

Среднее число научных публикаций в расчете на одну исследовательскую группу за период 2002–2004 годов почти не изменилось и составило 0.91–0.92. Кроме того, в 2002 году на одну исследовательскую группу приходилось в среднем 0.15 патента, а в 2004 году – 0.21. Наибольшим числом патентов среди бразильских академических учреждений отличаются университеты Кампинаса и Минас-Жерайс.

Результаты исследовательской деятельности – научные публикации и патенты

Существуют различные методологические подходы к оценке результатов исследовательской работы и их распространения. С целью сравнительного анализа были собраны количественные данные о публикациях и патентах в сфере биотехнологий Бразилии и других стран, включая Индию, Китай, ЮАР.

Научные публикации не только отражают существующие потоки знаний, но могут рассматриваться как

* Первая часть статьи опубликована в журнале «Форсайт», 2007, №2, с. 28–36.

Таблица 1. Число исследовательских групп в сфере биотехнологий в Бразилии по направлениям

	2002		2004	
	Всего	В том числе Юго-Восток Бразилии (%)	Всего	В том числе Юго-Восток Бразилии (%)
Биотехнология	1 342	48.29	2 013	48.09
Геномика	619	58.97	1 026	56.34
Протеомика	49	67.35	188	63.83
Фармацевтика	614	54.07	9 750	54.77
Фармакогеномика	2	100.00	26	50.00
Фармакогенетика	19	63.16	45	60.00
Биопрепараты	40	62.50	50	68.00
Вакцины	438	63.01	643	62.21
Молекулярная диагностика	181	66.85	290	64.83
Генетика растений	1 158	45.51	1 693	44.12
Биоразнообразие	592	41.89	923	40.74
Биочистка	154	52.60	295	56.61
Генетика животных	880	48.18	1 326	49.10
Иммунология	735	61.36	1 050	59.14
Биоматериалы	263	69.58	454	65.86
Токсины микроорганизмов	37	81.08	62	67.74
Рекомбинантные вакцины	178	65.17	268	65.67
Стволовые клетки	116	70.69	339	66.67
Биодизельное топливо	49	40.82	221	46.61
Публикации в международных изданиях	1 216	49.51	1 857	49.17
Число патентов и/или включенных в реестр разработок	195	64.62	426	58.45

Источник: база данных CNPq Research Groups, 2007.

показатель исследовательской активности, а патенты – как индикатор развития технологий. Представляет интерес всестороннее сопоставление числа научных публикаций с количеством патентов: по странам, областям исследований или технологическим направлениям, например биотехнологиям в здравоохранении.

Библиометрическое изучение потоков знаний

Потоки научных знаний в сфере биотехнологий отслеживались библиометрическими методами [1–5]. Интенсивность как внутренних, так и международных совместных исследований может быть выявлена путем анализа цитируемости и соавторства статей. Кроме того, потоки знаний от академических институтов к промышленным предприятиям можно оценить по интенсивности цитирования научных статей в патентных заявках [6, 7].

Изучение публикаций и патентов в области биотехнологий дает более качественную основу для оценки развития научных исследований и потоков знаний в Бразилии и других странах. Мы руководствовались вторичными данными последних библиометрических исследований, в частности, по научным публикациям, посвященным применяемым в здравоохранении биотехнологиям [8, 9] и патентованию [10] в Бразилии и других развивающихся странах. Кроме того, использована дополнительная информация, приведенная в работе [11].

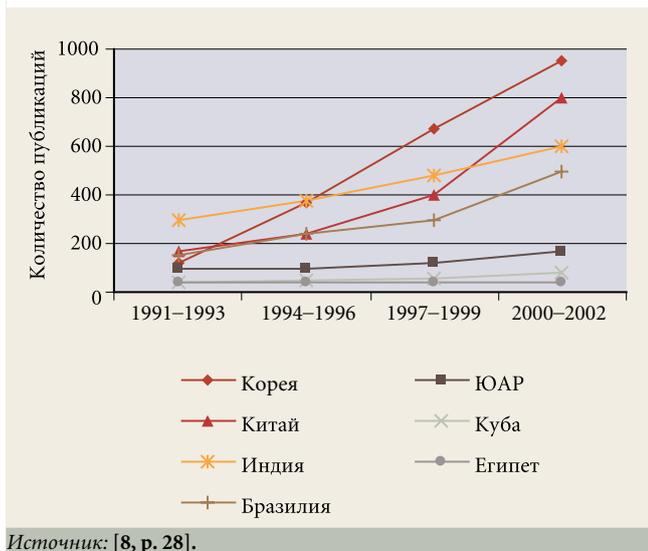
Сопоставление научных публикаций по биотехнологиям в сфере здравоохранения в семи странах (Китае, Индии, Бразилии, ЮАР, Кубе, Египте и Корее) за период с 1991 по 2002 годы [8] позволило выявить, кто из них вносит наибольший вклад в развитие данного направления. Внутрискановое и международное сотрудничество ученых исследовалось на основании коллективных публикаций. Характерной чертой медицинских биотехнологий является активное взаимодействие исследовательских групп. Анализ совместных публикаций может стать одним из подходов к созданию карты потоков знаний.

Согласно полученным данным, общее число публикаций по используемым в здравоохранении биотехнологиям в мире оставалось достаточно стабильным на протяжении всего периода с 1991 по 2002 год, увеличившись соответственно с 10 тыс. до почти 12 тыс. Расширенная база индекса цитируемости научной литературы (SCI Expanded database, Thomson ISI) показывает незначительное снижение доли публикаций в этой области с 1.8% в 1991 году до 1.6% в 2002 году.

Количество научных статей по проблемам использования биотехнологий в здравоохранении в названных семи странах показано на рис. 1. В начале 1990-х годов оно было сравнительно небольшим, за исключением Индии, где в 1991–1993 годах вышли в свет более 200 работ.

В середине 1990-х годов наметился подъем в развитии биотехнологий медицинского назначения: значи-

Рис. 1. Число научных статей по используемым в здравоохранении биотехнологиям: 1991–2002



Источник: [8, р. 28].

тельно возросло число научных публикаций по данной теме в Корее, Индии, Китае и Бразилии. Наиболее впечатляют корейские достижения – число публикаций увеличилось восьмикратно, и к концу рассматриваемого периода страна заняла лидирующие позиции. В Китае в 1991–2002 годах количество научных статей выросло почти в пять раз; в Бразилии – в 3.5 и на Кубе – в 2.6 раза. Вместе с тем ни Египту, ни ЮАР не удалось удвоить число опубликованных материалов по указанной теме: рост составил лишь 1.6 и 1.5 раза соответственно.

Число индексированных работ по медицинским биотехнологиям в Бразилии в 1998–2001 годах удвоилось – с 96 до 179 [9]. На долю университетов пришлось 80% всех статей страны в международных рецензируемых научных журналах.

На рис. 2 представлены 45 стран мира, занимающих лидирующие позиции в области биотехнологий для здравоохранения. По сравнению с ними Бразилия (1186 статей) и другие развивающиеся государства занимают достаточно скромные позиции.

Группировка научных публикаций, в основу которой легла принадлежность авторов к тем или иным организациям, дала возможность определить, в каком секторе сосредоточены исследования, проводимые по биотехнологиям в здравоохранении. На рис. 3 показано, что почти во всех странах центрами подготовки научных публикаций являются университеты. Правительства этих государств способствуют продвижению биотехнологий в сфере здравоохранения, содействуя развитию научно-исследовательской деятельности в университетах. На Кубе университеты играют относительно малую роль в развитии исследований в данной области, а подавляющая часть научных работ выполнена в государственных научно-исследовательских институтах. В Индии больше, чем в какой-либо другой стране, выражена роль университетов и госсектора, позиции обеих структур достаточно сильны в указанной области исследований.

На рис. 3 видно, насколько невелик вклад клиник и больниц в изучение биотехнологий, предназначенных

для здравоохранения; лишь в Индии и ЮАР доля медицинских учреждений достигает 8%. Публикационная активность в частном секторе также незначительна. Лишь в Корее частным исследовательским группам принадлежит 7.2% опубликованных статей за период с 1991 по 2002 годы.

Патентование

В работе [12] утверждается, что результаты деятельности развивающихся стран в сфере технологий имеют сугубо внутреннее значение для самой страны и не играют существенной роли на международном уровне, ограничиваясь локальным обучением, адаптацией зарубежных инноваций и имитационными инновациями. Поскольку такого уровня научно-технологические достижения могут быть запатентованы лишь внутри отдельного государства, то анализ процессов патентования должен опираться скорее на национальные источники. Однако, учитывая гетерогенность национальных патентных данных, для сопоставительных целей воспользуемся сведениями Ведомства по патентам и товарным знакам США (United States Patent and Trademark Office – USPTO), которые являются эталонными при проведении международных сравнений, особенно в связи с доминирующей ролью США в развитии биотехнологий. Страны, добивающиеся международного признания своих разработок, стремятся получить патенты на изобретения именно в США [10].

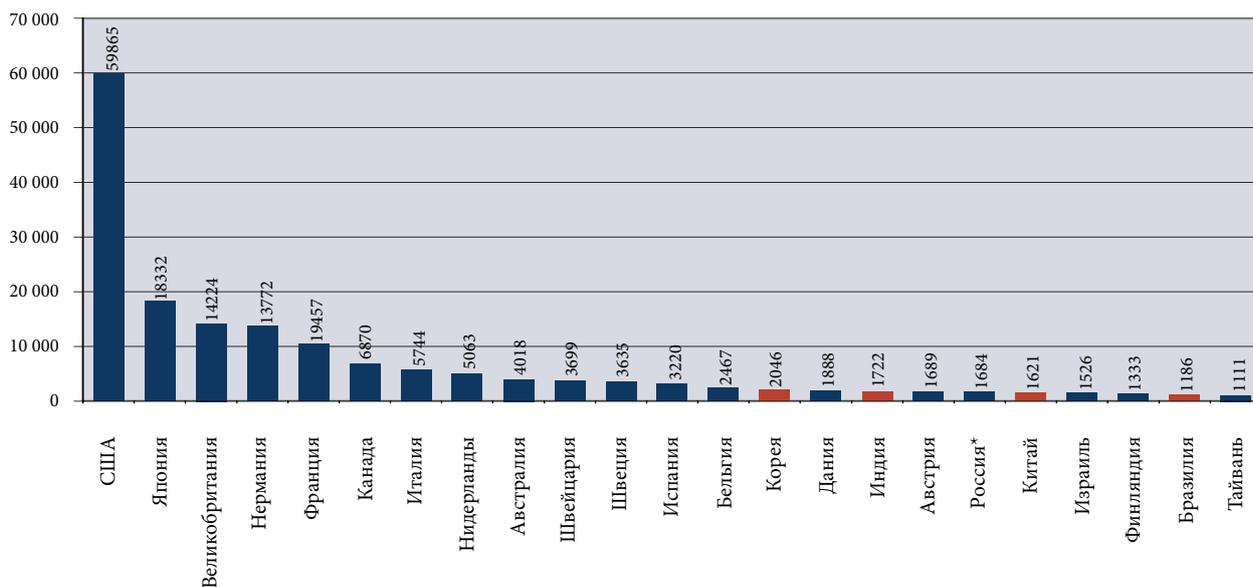
Анализ демонстрирует три основные тенденции, характерные для патентования биотехнологий в развивающихся странах:

- рост числа полученных патентов за период 1990–2003 годов;
- повышенная активность исследовательского сектора, в отличие от промышленности, где патентование до сих пор развито весьма слабо;
- значительное число патентов с четко обозначенными правами собственности в одних странах и недостаточное – в других, что может ограничить возможности последних в капитализации изобретений.

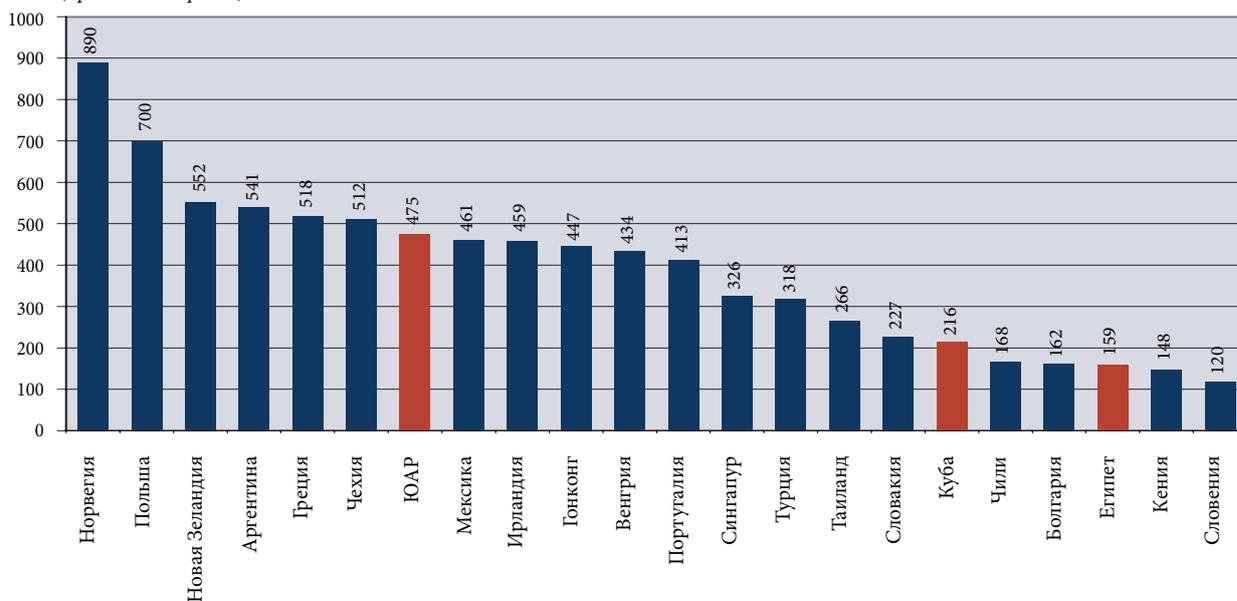
Как показывает статистика, наибольшее число зарегистрированных патентов в рассматриваемый период получено Кореей – 337. За ней следуют Индия (178), Китай (98), Бразилия (44), Куба (29), ЮАР (29) и Египет (10). Если в Корее и Индии отмечается существенный прирост числа патентов, то в Бразилии, ЮАР, Египте и на Кубе, несмотря на позитивную динамику, масштабы патентования по-прежнему невысоки.

На рис. 4 приведен удельный вес патентов, в которых в качестве патентообладателей представлено хотя бы одно физическое или юридическое лицо из соответствующей страны. Такой индикатор для биотехнологий колеблется от 40% в Китае до почти 100% – на Кубе. В Китае, как и в других странах с низким уровнем этого показателя (ЮАР, Бразилии), потенциал капитализации изобретений в сфере биотехнологий все еще ограничен. За исключением Китая, в странах с относительно высоким уровнем патентования, например Ко-

Рис. 2. Страны – лидеры по числу научных публикаций по медицинским биотехнологиям: 1991–2002



(продолжение рис. 2)



* Для России приведены данные о публикациях в период 1992–2003 гг.

Источник: [8, p. 31].

рее и Индии, процент собственников патентов весьма значителен, что сулит большие возможности по внедрению изобретений.

Выделяются четыре категории патентообладателей:

- исследовательские институты (RI);
- промышленные компании (I);
- совместная собственность исследовательских институтов и промышленных компаний (RI&I);
- совместная собственность промышленных компаний и других организаций (I&O).

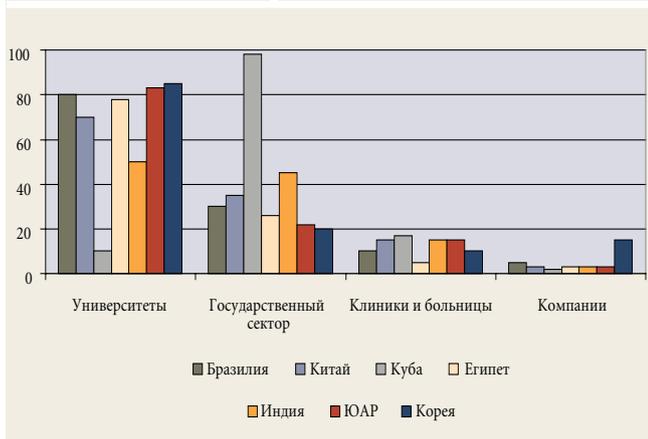
Распределение патентов по этим категориям отражено в таблице 2.

Во всех рассматриваемых странах основные исследования связаны с медицинскими биотехнологиями. Исключением стали Египет (лишь 25% от общего числа патентов) и ЮАР (51.7%). На первом месте – Куба, где патенты в указанной области составляют 82.7% от общего числа, далее следуют Индия (74.1%), Китай (69.3%), Бразилия (61.3%), Корея (58.7%).

Субъекты и сети

Как было отмечено ранее, в Бразилии развитие знаний, технологий и предпринимательства в области

Рис. 3. Процент научных публикаций по секторам: 1991–2002



Источник: [8, p. 33].

биотехнологий сконцентрировано в юго-восточном регионе, и особенно в штатах Сан-Паулу, Минас-Жерайс, Рио-де-Жанейро.

Рассмотрим подробнее эти три основные «экосистемы», каждая из которых представляет определенный аспект в функционировании биотехнологической инновационной системы страны в целом.

Первая из описываемых структур дает картину вероятных направлений развития биотехнологий в Бразилии. Она отражает эффективность применения знаний и технологий в штате Сан-Паулу, которая заметно влияет на общенациональную политику в научно-технической сфере, реализацию программ, способствующих распространению знаний и формированию сетей по всей стране, а также на стратегии компаний по коммерческому применению научных результатов. Организационная структура биотехнологических исследований, базирующаяся на сетевых принципах и открытых инновациях, подвижна, характеризуется развитой обратной связью, обладает способностью к воспроизводству, росту и эволюции.

На примере второго из рассматриваемых вариантов можно проследить историю успеха отдельно взятой компании, использовавшей свои уникальные возможности и связи в заданном историческом контексте. Предприниматели самостоятельно изыскивали ресурсы, устанавливали контакты во внешней среде и, используя существовавшие предпосылки, добивались значительного успеха. Тем не менее следует помнить, что один и тот же феномен невозможно воспроизвести в другое время и в иных условиях. Контекст же существенно изменился, как в самой Бразилии, так и во всем мире. В процессе глобализации и развития экономики знаний предпринимательская среда стала более турбулентной, и новым компаниям для достижения успеха приходится развиваться по иному пути, отказавшись от прежней модели в ее неизменном виде.

Третья структура располагается в штате Рио-де-Жанейро. Еще в начале прошлого столетия ее приоритетными направлениями стали медицина и здравоохранение. В дальнейшем она устойчиво прогрессировала за счет постоянной внутренней диверсификации и динамики создаваемых конкурентных преимуществ.

Сан-Паулу – ведущая роль знаний и распространение сетевых моделей в геномике

В развитии сетей исследований и распространения знаний в штате Сан-Паулу важную роль играют две программы по геномным исследованиям – Genome Project и Бразильская геномная программа. Последняя реализуется Министерством науки и технологий при участии Национального совета по научному и технологическому развитию (CNPq).

В 1977 году в рамках программы Genome Project, инициированной Государственным научным фондом штата Сан-Паулу (FAPESP), было положено начало геномным исследованиям в Бразилии. В ходе реализации проекта была создана национальная модель проведения научных исследований в области геномики и сформирована специализированная сеть, объединяющая государственные и частные организации.

В Бразильской геномной программе приняли участие 75 исследовательских групп и лабораторий со всей страны, а ее бюджет составил 16.5 млн долл. [13]. Участники проекта обменивались информацией через Интернет, а образцы для анализа распределялись посредством центральной лаборатории. Все данные, полученные в ходе исследований, направлялись в Национальную лабораторию по научным вычислениям в Сан-Паулу [14, 15].

Ученые отмечали положительные эффекты, связанные с организацией сети и координацией работ, несмотря на удаленность участников проекта друг от друга. Этому способствовали, с одной стороны, планирование закупок химических реактивов и создание необходимых условий для процесса секвенирования, а с другой – налаженные контакты между исследователями. Связь осуществлялась по Интернету, как для отправки полученных данных в центр биоинформатики, так и с целью доступа к централизованной базе данных для геномного анализа.

Обсуждая аспекты обучения в рамках коллективной работы, участники отмечали неравнозначный вклад различных команд в общий результат, что характерно для исследований, осуществляемых крупными консорциумами. Некоторые ученые ограничивались решением строго определенных проблем. Другие работали по нескольким направлениям, проводя сложные анализы и продуцируя превалирующее количество экспериментальных данных.

По окончании проекта созданная исследовательская сеть была готова приступить к работе над новой проблематикой, причем не только в Сан-Паулу, но и на государственном уровне. При этом возможна смена фокуса деятельности и механизмов ее координации. Ряд ученых приобрели достаточные компетенции, чтобы возглавить эти перемены и взять на себя руководство новыми группами.

Опыт участия в масштабных проектах создает серьезные перспективы для исследователей благодаря процессу коллективного мышления. Различные подходы участников дополняют друг друга; как следствие, малые лаборатории интегрируются в крупные исследовательские сообщества.

Одним из важных результатов работы по геномному секвенированию *Xylella* стало создание в 2000 году национальной сети, объединяющей научные группы в области геномных исследований, теперь уже в рамках реализации Бразильской геномной программы. Этот альянс занялся изучением *Chromobacterium violaceum* – бактерии, обнаруженной в тропическом регионе, с использованием которой появилась возможность синтезировать соединения для лечения рака, туберкулеза и других болезней [9].

На основе полученного опыта была образована сеть, занимающаяся исследованиями геномов, в состав которой вошли бразильские и иностранные исследовательские институты и лаборатории, а также частные компании. Позже в рамках указанной программы осуществлялись другие исследования при поддержке CNPq, что способствовало созданию сети, состоящей из 240 ученых и 480 исследовательских институтов Бразилии [16]. Среди результатов назовем секвенирование бактерии *Mycoplasma synoviae*, которая поражает крупный рогатый скот, и совместный проект с FAPESP по изучению генома кофе. Частные компании также финансируют исследование генома сахарного тростника и способов повышения его урожайности с целью получения биодизельного топлива.

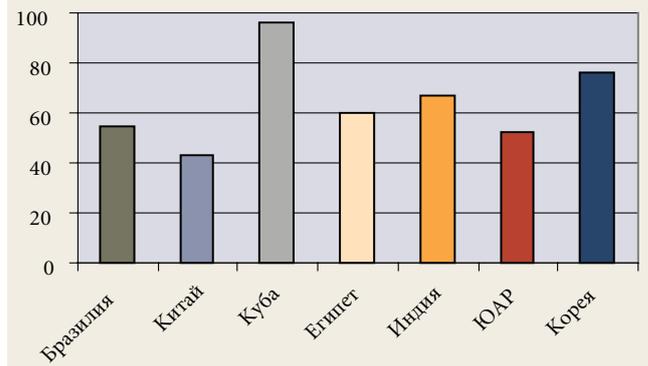
О коммерческом эффекте деятельности геномных исследовательских сетей говорить пока рано, в то же время в образовательном плане ее результаты весьма значительны. Помимо необходимых технологических компетенций и навыков организации сетевой работы бразильские ученые обрели также опыт «ситуативного познания» [17, 18]. Обмен исследовательскими практиками в рамках коллаборативных сетей выразился в небывало высокой продуктивности бразильского научного сообщества за всю его историю.

Субъекты и сети биотехнологий штата Минас-Жерайс – локальные производственные партнерства

Развитие биоиндустрии в штате Минас-Жерайс неразрывно связано с деятельностью Biobrás – старейшей и крупнейшей бразильской компании в этой сфере. Образованное в 1976 году на базе одной из лабораторий медицинского факультета университета Минас-Жерайс, предприятие динамично развивалось, осваивая производство различных лекарственных препаратов и искусственных гормонов. Во многих крупных международных проектах партнерами Biobrás были ведущие исследовательские центры и фармацевтические компании мира. Среди них можно отметить Hoechst (Германия), Novo Nordisk (Дания), Pfizer и Eli Lilly (США), университеты штатов Пенсильвания и Колумбия (США), Университет Саутгемптона (Великобритания). В проекте по созданию производства человеческого инсулина (1991–1998 гг.) одним из партнеров Biobrás стал российский Институт биоорганической химии.

С 2003 года Biobrás входит в состав датской фармацевтической компании Novo Nordisk. Она постоянно наращивает свои производственные мощности. Следствием расширения ее деятельности стало создание ряда дочерних компаний (одна из которых – американ-

Рис. 4. Доля патентов с участием национальных заявителей: 1990–2003 (проценты)



Источник: [10, p. 50].

ская) и крупнейшего в Бразилии биотехнологического производственного кластера Белу-Оризонте, в котором сосредоточены 52 из 75 биотехнологических компаний штата Минас-Жерайс. Кроме того, при участии Biobrás в 1992 году был образован фонд BIOMINAS – некоммерческая организация по продвижению разработок в сфере биотехнологий. Все 15 лет своего существования BIOMINAS играл важную консолидирующую роль, занимая центральное место в системе управления сетью малых и средних предприятий биотехнологической отрасли региона. В настоящее время в него входят 28 аффилированных компаний, среди которых – как развивающиеся, так и зрелые фирмы.

Учредители Biobrás приняли участие и в становлении многих других компаний в сфере биотехнологий и информационно-коммуникационных технологий в штате Минас-Жерайс (Katal, Biofar-Cuba, Miner, Akwan). Сегодня они являются также инвесторами бразильского венчурного фонда FIR Capital Partners, учрежденного ими совместно с Многосторонним фондом инвестиций Трансамериканского банка развития. FIR Capital Partners финансирует от 20 до 30 бразильских компаний.

В Бразилии сформированы, как никогда ранее, благоприятные условия для развития предпринимательской деятельности в сфере биотехнологии. Ведущие инвестиционные организации, такие как Инновационное агентство Бразилии (FINEP) и Национальный банк экономического и социального развития (BNDES), по-прежнему рассматривают биотехнологии в качестве одного из основных потенциальных объектов своих вложений.

Таблица 2. Доля патентообладателей различных категорий в общем числе патентов (проценты)

Страна/категория патентообладателей	RI	I	RI&I	I&O
Бразилия	54	29	17	0
Корея	17	64	14	5
Куба	100	0	0	0
Индия	81	7	11	1
Китай	49	16	35	0
Египет	50	17	33	0

Источник: [10].

Интенсификация взаимоотношений крупных бразильских фармацевтических компаний (по производству оригинальных лекарственных препаратов и дженериков) с малыми фирмами – другая положительная тенденция развития биотехнологической отрасли. Существуют планы по созданию в фарминдустрии ассоциации независимых компаний по производству биопрепаратов. Так, фармацевтический консорциум Coinfar установил связи с Центром прикладной токсикологии из штата Сан-Паулу и заключил с Университетом штата Минас-Жерайс контракты по распространению технологий.

В последние годы значительно улучшился процесс взаимодействия компаний и применения ими знаний, полученных в результате исследовательской деятельности университетов и научных центров. При этом сохраняется потенциал для более тесной интеграции. Следует отметить, что ведущая роль Biobrás в биотехнологической системе штата Минас-Жерайс недооценивается, по крайней мере, в плане влияния этой компании на распространение знаний и технологий, а также ее лидерства в создании малых стартовых компаний.

Биотехнологические сети штата Рио-де-Жанейро – созданные преимущества общественных благ

Развитие биотехнологий в штате Рио-де-Жанейро определяется прежде всего процессами накопления знаний, которые поддерживаются государственными структурами.

Ведущую роль в государственном секторе биотехнологической отрасли играет Фонд Освальдо Круза (Fiocruz), находящийся в ведении Министерства здравоохранения. Созданный в 1900 году с целью контроля эпидемиологической ситуации, он стал ярким примером организационного перехода от «малой» науки к «большой». Сегодня это – ведущий генератор новых знаний в области биотехнологий для медицины. Работающим здесь ученым принадлежит более 16% всех научных публикаций Бразилии в международных изданиях за период 1991–2002 годов. Fiocruz готовит специалистов по различным направлениям биомедицины. При фонде функционируют два научно-производственных предприятия: Bio-Manguinhos – крупнейший в Бразилии производитель вакцин и диагностических препаратов (40% от общего объема) – и Far-Manguinhos, выпускающий лекарственные средства.

Федеральный университет Рио-де-Жанейро занимает второе место в Бразилии по количеству исследовательских групп. В 2004 году при университете их насчитывалось в общей сложности 963.

Технологический парк Био-Рио основан в 1988 году, в настоящее время на его территории действуют 23 компании, 10 из которых находятся в стадии становления, а другие работают на 39 опытных участках либо в промышленных зонах, то есть в среднем на компанию приходится 3 площадки. Основное здание является собственностью Университета Рио-де-Жанейро. В первые годы своего существования парк финансировался FINEP и CNPq. Общее число работающих в технопарке составляет 1000 человек.

Точные статистические данные о количестве предприятий, работавших на территории Био-Рио за 18 лет его существования, отсутствуют. Но по имеющейся информации, девять компаний успешно завершили инкубационный период и продолжают свою деятельность. Как правило, этот срок составляет не более пяти лет, хотя бывали исключения, когда требовалась более длительная инкубация. Четыре компании прекратили свое существование, так и не выйдя из инкубатора, в частности, из-за несоответствия разрабатываемой ими продукции санитарным требованиям.

Промышленные зоны парка являются собственностью государства. Арендаторы заключают контракты на период до 25 лет с возможностью дальнейшей пролонгации на тот же срок. Доходы от аренды делятся между университетом и администрацией технопарка. Последняя представляет собой частную структуру, управляющую контрактами и проектами для университета и внешних организаций.

По данным администрации технопарка, ежегодный лимит заявок на включение в бизнес-инкубатор – четыре компании, а на аренду производственных помещений – две. За 18 лет функционирования парка работающим в нем предприятиям выдано 10 патентов. Технопарк испытывает определенные трудности в привлечении частных инвестиций, поскольку государственная собственность не может служить залоговой гарантией. Администрация Био-Рио сотрудничает с FINEP по созданию венчурного фонда для вложений в биотехнологические компании.

Важное место в инновационной системе занимает Институт ботанического сада Рио-де-Жанейро, где в 2004 году был создан банк ДНК в целях сохранения генетического материала исчезающих растительных видов. Ежегодно предполагается собирать до 1000 видов растений. Исследователи двух лабораторий ботанического сада занимаются консервацией растений и созданием на их основе лекарственных препаратов и соответствующих методов лечения. К числу научных коллекций ботанического сада относятся гербарий и банк зародышевой плазмы. Исследовательские проекты связаны с проблемами консервации, таксономического многообразия, лесов Атлантики, прибрежной зоны, молекулярного многообразия, биологического резервата.

Политические аспекты бразильской инновационной системы

Научно-технологическая политика – основа национальной инновационной системы. Впервые она появилась на повестке дня бразильского правительства в 1970-х годах, когда стали разрабатываться планы общенационального и научно-технологического развития. В этот период были сформированы несколько правительственных институтов, связанных с интеграцией, координацией, финансированием и реализацией научной, технологической и инновационной деятельности.

Наряду с тем фундаментальным вкладом, который означенная политика внесла в формирование и обуче-

ние высококвалифицированных кадров, в 1990-х годах новым ее фокусом была признана необходимость укрепления слабых связей между субъектами системы с целью интеграции инновационных процессов и усиления предпринимательского компонента.

Потребности в укреплении взаимодействия между субъектами инновационной системы Бразилии

Концепция инновационных систем становится все более важным инструментом национального развития, поскольку включает в себя как социальные, так и политические и экономические субъекты – административные органы, научные и технологические организации, предприятия и механизмы, которые поддерживают и формируют инновации, способствуют их внедрению в производство, экономику и общество в целом [19]. Предполагалось, что в контексте развивающихся стран инновационные системы влияют на формирование государственной стратегии, особенно в области науки, технологий, инноваций и промышленности. Будучи четко организованными, они способны адекватно реагировать на спрос, являющийся следствием такой политики, стимулируя и поддерживая экономический рост. Однако были выявлены определенные ограничения для использования концепции инновационных систем в развивающихся экономиках. Среди них:

- недостаточное понимание многих аспектов, которые влияют на производство, распространение и использование информации, знаний и технологий в контексте предпринимательской деятельности;
- наличие препятствий эффективному распространению информации, знаний и технологий между субъектами системы и недостаточный потенциал для их преодоления;
- отсутствие адекватной государственной политики, стимулирующей инновации в промышленности.

Изучение инновационных систем таких стран, как Бразилия, показало, что существующие политико-институциональные рамки не в состоянии обеспечить консолидацию системы, особенно в плане отношений между предприятиями и основными производителями знаний и технологий: государственными и частными университетами, институтами и исследовательскими центрами.

До недавних пор роли между субъектами в структуре поддержки научной, технологической и инновационной деятельности распределялись следующим образом. За координацию отвечало Министерство науки и технологий. Финансирование осуществлялось подведомственными ему Инновационным агентством Бразилии (FINEP) и Национальным советом по научному и технологическому развитию (CNPq), а также Национальным банком экономического и социального развития (BNDES) при Министерстве промышленного развития и внешней торговли. Непосредственно научной и инновационной деятельностью занимались государственные и частные университеты, научно-исследовательские институты, технические школы. При

этом производственные предприятия были слабо интегрированы в такую систему, что выражалось в их весьма низком исследовательском и инновационном потенциале.

В конце 1990-х годов Министерство науки и технологий провело всестороннее исследование нескольких компонентов научной и технологической системы страны, которая считается необходимым элементом устойчивого национального развития. Ее результатом стала выпущенная в 2002 году Белая книга по науке, технологии и инновациям. Оценка текущей ситуации и предлагаемые меры классифицированы в ней следующим образом:

- задачи консолидации национальной системы науки, технологий и инноваций;
- цели национальной политики в данной сфере;
- основы для постановки задач и определения движущих сил;
- стратегические цели и задачи.

Финансовые и нефинансовые механизмы поддержки

Длительное время базовым источником финансирования бразильской инновационной системы являлся Национальный фонд научного и технологического развития (FNDCT), средства которого эффективно распределялись через Инновационное агентство Бразилии. На протяжении 1970–1980-х годов FNDCT способствовал интенсивной мобилизации научного сообщества и предпринимательского сектора, финансируя выполнение новых исследований, реализацию тематических программ, расширение научной и технологической инфраструктуры, институциональную консолидацию исследований и подготовки научных кадров в Бразилии.

Несмотря на важность для страны, в 1990-е годы FNDCT постепенно утратил способность финансировать научно-технологическую систему. Возникла необходимость реструктуризации финансовых институтов в этой сфере. Как следствие, в конце 1990-х годов Министерством науки и технологий при содействии Национального конгресса был создан ряд фондов поддержки научного и технологического развития (так называемые отраслевые фонды). Они дополняют традиционные институты финансирования науки, технологий и инноваций, в частности FNDCT. Средства этих фондов пополняются за счет предприятий, действующих в определенных секторах (таких, как нефть и газ, информатика и автоматизация, авионавтика, медицина и биотехнология), или доходов от использования природных ресурсов, принадлежащих государству.

Отраслевые фонды стремятся гарантировать расширение и финансовую стабильность научно-технологического сектора и одновременно выработать новую модель управления. Они призваны стимулировать участие общества в развитии этой важнейшей сферы деятельности, разрабатывать долгосрочные стратегии, определять приоритеты, ориентированные на конкретные результаты. Кроме того, фондам предстоит решить ряд следующих задач:

- а) концентрация и модернизация научно-технологической и инновационной инфраструктуры;
- б) стимулирование и укрепление сотрудничества между университетами, исследовательскими центрами, технологическими институтами и производственным (промышленность и сфера услуг) сектором;
- в) создание новых стимулов для частных инвестиций в научную и инновационную деятельность;
- г) производство знаний и инноваций, направленных на решение национальных проблем;
- д) обеспечение лучшей согласованности научного и технологического развития.

Следует отметить, что государственное финансирование сферы науки, технологий и инноваций дополняется на локальном уровне средствами фондов поддержки исследований, действующих в большинстве штатов Бразилии, которые стимулируют развитие местных научных исследований и разработок. Федеральные и региональные механизмы финансирования стремятся не только дополнить друг друга, но также объединить и оптимизировать ресурсы для реализации соответствующих программ, как на общенациональном, так и на локальном уровнях.

В Бразилии существует ряд программ и инструментов нефинансовой поддержки инновационной деятельности, разработанных и внедренных в масштабах государства. К ним относятся: укрепление взаимодействия между университетами и промышленностью; создание научных и технологических парков, центров трансфера технологий, бизнес-инкубаторов, кластеров; стимулирование местных производителей.

Важная составляющая научной, промышленной и внешнеэкономической политики страны – поддержка малых и средних инновационных высокотехнологичных предприятий.

Отметим, что пока не все запланированные инструменты развития бразильской инновационной системы введены в действие, что затрудняет точную оценку ее эффективности.

В 1999 году в Бразилии насчитывалось более тысячи правительственных программ во всех областях и по линиям разных федеральных ведомств. Для сокращения их числа руководство страны инициировало многолетнюю программу, направленную на то, чтобы избежать распыления ресурсов и дублирования работ, а также обеспечить прозрачность научной и инновационной деятельности и перейти к эффективным методам управления. В рамках Национальной программы по биотехнологиям, стартовавшей в 2000 году и рассчитанной на период до 2010 года, были объединены все исследовательские ресурсы в соответствующей области. Программой управляет Главный координационный комитет по биотехнологиям Министерства науки и технологий. В него вошли (хотя и в децентрализованной форме) такие организации, как CNPq, FINEP, Fiosruz и Национальный центр изучения сои (EMBRAPA).

Ключевая цель программы – повысить уровень биотехнологий посредством ускорения механизмов передачи технологий и знаний от исследовательского к производственному сектору с целью создания товаров

и услуг, представляющих экономический и социальный интерес. Основные инициативы программы:

- подготовка специалистов для биотехнологии;
- распространение знаний;
- поддержка развития отрасли;
- исследование инновационного потенциала биотехнологии и стимулирование формирования биотехнологических компаний, трансфер технологий в созданные предприятия;
- биотехнологии для поддержания биологического разнообразия;
- международное сотрудничество как инструмент получения и передачи знаний и передовых технологий;
- прогнозирование будущего, мониторинг и исследование рисков в биотехнологии.

Стратегическая линия программы выражена в организации сетевых проектов, ставящих целью повысить инновационную активность и направить ее результаты на решение социальных проблем общества в целом.

Первые три года программа финансировалась федеральным правительством. Затем стали поступать дополнительные ресурсы от стипендиальных программ, финансируемых специализированными федеральными и региональными агентствами, а также от производственного сектора, выступающего партнером в совместных проектах. Главная цель программы – расширение и децентрализация компетенций в отрасли биотехнологии страны – была с успехом достигнута.

Помимо этого важными инструментами поддержки научно-технологического развития и инновационной системы Бразилии являются упомянутые выше отраслевые фонды, а также Форум по конкурентоспособности биотехнологии. Последний был создан в 2004 году для совместной работы представителей правительства, частного сектора и Академии наук с целью развития биотехнологических производственных цепочек.

Что касается сетевых взаимодействий, то следует упомянуть о создании бразильской Геномной сети, Региональной геномной сети, Сети исследования экалипта; Структурной биологической сети, Национальной сети по протеомам; развитию биофармацевтики и иммунобиологии, поддержке совместных исследований по фитомедицине и формировании новых технологических цепочек.

В результате этого Бразилия стала лидером в исследовании геномики в Латинской Америке и достигла серьезных успехов в биотехнологических инновациях для здравоохранения.

В 2003 году к власти пришло новое федеральное правительство и, как следствие, изменились приоритеты. Сфера биотехнологий утратила прежний статус. Национальная программа по биотехнологиям сохранилась, однако подверглась коренному пересмотру, в результате чего многие инициативы были поставлены под сомнение. В 2004 году приняли новую концепцию промышленной, технологической и внешнеэкономической политики, а в 2005 году для ее реализации инициировали Программу по науке, технологиям и инновациям. Предложения по биотехнологии, включенные в ее состав, подверглись коррекции в плане масштабов и ме-

неджмента. В 2007 году соответствующими министерствами были уточнены приоритеты политики в сфере биотехнологий – защита и развитие. За реализацию новой политики отвечает Национальный комитет по биотехнологиям – межведомственный орган, в состав которого входят представители восьми министерств и подчиненных им агентств. Работа комитета координируется Министерством промышленного развития и внешней торговли. Его основная задача – поддержка бразильских предприятий, деятельность которых в той или иной мере связана с биотехнологиями, с целью укрепления их конкурентоспособности, как на национальном, так и на международном уровне.

Другой важный аспект – нормативно-правовое регулирование сферы науки, технологий и инноваций. В связи с этим следует упомянуть «Закон о биологической безопасности» 1995 года, регулирующий генетически модифицированные организмы; «Закон о патентовании», принятый в 1997 году, в том числе благодаря обязательствам перед Всемирной торговой организацией; новый «Закон о биологической безопасности» 2004 года, более адекватный современным задачам в сфере биотехнологий, который позволил проводить исследования со стволовыми клетками, добытыми из избыточных эмбрионов; а также «Закон об инновациях» 2005 года – инструмент модернизации инновационной системы.

В числе задач, стоящих перед бразильской инновационной системой в будущем, выделим следующие:

- Преэминентность и непрерывность в реализации программ в области науки, технологий и иннова-

ций, включая систематизацию процедур их оценки (результаты и воздействия).

- Устойчивость инвестиций в научно-технологический сектор.
- Усовершенствование связей между государственными и частными субъектами системы и их стратегий.
- Совершенствование механизмов обмена опытом (включая инициативность научно-исследовательского сообщества).
- Согласование регулирующих норм, применяемых различными бразильскими контрольными органами и институтами.
- Необходимые изменения бразильских правовых рамок в соответствии с международными правовыми нормами.
- Стимулирование развития предпринимательской культуры и ее укрепление в частном секторе.
- Последовательный подход к этическим проблемам, связанным с биотехнологией, касающейся человека.
- Разумное рассмотрение различных аспектов биотехнологии: акцент на технологические, а не идеологические проблемы.

Ответить на все вышеперечисленные вызовы, создать благоприятные условия для развития биотехнологии и превращения ее в конкурентоспособную отрасль – весьма непростая задача для политиков, особенно из развивающихся стран. И Бразилия не является в том исключением. ■

1. Thomas S. M. The evaluation of plant biomass research: a case study of the problems inherent in bibliometric indicators // *Scientometrics*, v. 23, 1992, p. 149–167.
2. Yuthavong Y., Phornsadja K., Chungcharoen A., Eisemon T. O., Davies C. H. Communication strategies in tissue culture and seed research in Thailand // *Scientometrics*, v. 28, 1993, pp. 41–60.
3. Judice V. M. M. Plant biotechnology learning processes: export and food crops in Brazil. DPhil. Thesis. University of Sussex, Brighton, UK, 1997. 265 p.
4. Sandström A., Petersson I., Nilsson A. Knowledge production and knowledge flows in the Swedish biotechnology innovation systems // *Scientometrics*, v. 48, №2, 2000, pp.179–201.
5. Molatudi M., Pouris A. Assessing the knowledge base for biotechnology in South Africa. A bibliometric analysis of South African microbiology and molecular biology and genetics research // *Scientometrics*, v. 68, № 1, 2006, pp. 97–108.
6. Meyer M. Tracing knowledge flows in innovation systems // *Scientometrics*, v. 54, № 2, 2002, pp.193–212.
7. Van Looy B., Mangerman T., Debackere K. Developing technology in the vicinity of science: an examination of the relationship between science intensity (of patents) and technological productivity within the field of biotechnology // *Scientometrics*, v. 70, № 2, 2007, pp. 441–458.
8. Thorsteinsdóttir H., Daar A.S., Singer P.A., Arunachalam S. Health biotechnology publishing takes-off in developing countries // *Int. J. Biotechnology*, v. 8, №1/2, 2006, pp. 23–42.
9. Ferrer M. et al. The scientific muscle of Brazil's health biotechnology // *Nature Biotechnology*, v. 22, suppl., 2004, pp. DC8–DC12.
10. Quach U., Thorsteinsdóttir H., Renihan J., Bhatt A., von Aesch Z.C., Singer P. A., Daar A.S. Biotechnology patenting takes off in developing countries // *Int. J. Biotechnology*, v. 8, № 1/2, 2006, pp. 43–59.
11. Santos N. F., Rumjanek V. M. Brazilian immunology: One hundred years later // *Scientometrics*, v. 50, № 3, 2001, pp. 405–418.
12. Albuquerque E. M. Domestic patents and developing countries: arguments for their study and data from Brazil (1980–1995) // *Research Policy*, v. 29, 2000, pp. 1047–1060.
13. Parra J. Redes de Trabalho em Biotecnologia. In: Instituto Euvaldo Lodi, Estratégias para o Desenvolvimento da Bioindústria em MG. Belo Horizonte: IEL-MG, FIEMG, Dez. 2004, pp. 121–135.
14. O Brasil por dentro dos genes. Revista Pesquisa FAPESP Especial “Dupla Hélice 50 Anos”, abril 2003, pp. 22–23.
15. Perpétuo Irineu Franco. A Trama da Rede. Folha de São Paulo. Sinapse, 22/02/2005, pp. 12–16.
16. Programa Genoma Nacional finaliza sequenciamento da bactéria *Chromobacterium violaceum*. Revista Pesquisa FAPESP, Edição 71, janeiro, 2002.
17. Brown J.S., Duguid P. Organizational learning and communities-of-practice: toward a unified view of working, learning and innovation // *Organizational Science*, v. 2, № 1, February 1991, pp. 40–57.
18. Hislop D. The Paradox of Communities of Practice: Knowledge Sharing Between Communities. In: Hildreth P.M., Kimble C. Knowledge Networks: Innovation Through Communities of Practice. Hershey (PA), Idea Group Publishing, 2004, pp. 36–45.
19. Nelson R. R. (Ed.). National innovation systems. A comparative analysis. Oxford University Press, New York, 1993.