

УДК 602-022.532:334.012.82

Н.В. Зиньковская

Е.С. Мокеева

ФОРМИРОВАНИЕ БИОНАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ: ПОТЕНЦИАЛ КЛАСТЕРНОГО РАЗВИТИЯ

Аннотация. Представлены аргументы, обосновывающие необходимость ускоренного развития в России промышленных комплексов на основе биотехнологических и нанотехнологических инноваций. Дана современная трактовка бионанотехнологического промышленного комплекса (БНТ-комплекса) как интегрированного комплекса, основанного на конвергенции био- и нано-инноваций. Рассмотрены предпосылки и факторы развития БНТ-комплексов в формате кластеров. Систематизированы особенности и проблемы развития кластеров, ориентированных на реализацию бионанотехнологических проектов в России. Обоснована целесообразность создания и функциональные задачи кластерного Форсайт-центра в рамках развития систем стратегического управления бионаноориентированными кластерами.

Ключевые слова: биотехнологические инновации, нанотехнологические инновации, конвергенция, Форсайт-центр, инновационные кластеры.

Natalia Zińkowskaya

Elena Mokeeva

THE FORMATION BIONANOTECHNOLOGIES INDUSTRIAL COMPLEXES: THE POTENTIAL OF CLUSTER DEVELOPMENT

Annotation. The arguments justify the need for accelerated development of Russian industrial complexes based on biotechnological and nanotechnological innovation. Modern interpretation of bionanotechnological industrial complex (BNT-complex) is presented as an integrated complex based on the convergence of bio – and nano-innovation. The prerequisites and factors of development of BNT-complexes are described in the format of clusters. The main characteristics and problems of cluster development oriented on bionanotechnologies projects in Russia are systematized. The expediency of creation and the functional tasks of cluster Foresight Centre in the framework of development of strategic management systems of bionanoscience clusters are established.

Keywords: biotechnological innovation, nanotechnology innovation, convergence, Foresight Centre, innovation clusters.

Устойчивое развитие и диверсификация отечественной экономики в настоящее время неразрывно связаны с реализацией кластерной политики, направленной на формирование и развитие инновационных индустриальных комплексов в разных отраслях экономики. Одной из важных областей кластеризации являются отрасли, формирующиеся на основе биотехнологических и нанотехнологических инноваций.

Выручка от реализации продукции наноиндустрии в мире, по данным Lux Research, составила в 2015 г. 3 147 млрд долл. (рост более чем в 4 раза по сравнению с 2012 г. – 731 млрд долл.). Географическая структура мирового рынка: Европа (включая Россию) – 40,8 %, Азия – 26,5, США – 24,6 %, остальное – 8,1 %. Основными областями применения нанотехнологий стали: промышленные продукты и материалы (2 006 млрд долл. – 63,7 % рынка), этот сегмент включает производство конструкционных материалов, продуктов питания, легкую, автомобильную, авиастроительную и аэрокосмическую промышленность, электроника и телекоммуникации (771 млрд долл. – 24,5 %); здравоохранение (282 млрд долл. – 9,0 %), энергетика (87 млрд долл. – 2,8 %). К 2020 г. мировой рынок наноиндустрии составит более 6 трлн долл. [1].

Производство продукции наноиндустрии в России к началу 2016 г. достигло 1019,1 млрд руб.,

превысив почти в 6,6 раза объем 2011 г. (154,8 млрд руб.). При этом 87,5 % производства продукции наноиндустрии сосредоточено в трех отраслях промышленности (нефтехимическое, химическое и металлургическое производство). Продукцию, связанную с нанотехнологиями, выпускают 567 предприятий и организаций, (включая 227 научных и научно-производственных организаций), из них 106 компаний созданы и/или осуществляют реализацию проектов с участием АО «РОСНАНО». Доля портфельных компаний АО «РОСНАНО» за период 2011-2015 гг. выросла с 7,3 % до 27,3 % всех поставок продукции, связанной с нанотехнологиями [1].

Выпуск продукции наноиндустрии по отдельным категориям в 2015 г. составил: первичная нанотехнологическая продукция (категория «А») – 182,9 млрд руб. (17,9 %), наносодержащая продукция (категория «Б») – 190,8 млрд руб. (18,7 %), услуги (товары, не содержащие нанокomпоненты), при оказании (производстве) которых используются нанотехнологии и/или нанокomпоненты (категория «В») – 643,0 млрд руб. (63,1 %), специальное оборудование для нанотехнологий (категория «Г») – 2,4 млрд руб. (0,2 %) [4].

Объем мирового рынка биотехнологий к 2015 г. оценивался в 320 млрд долл. Доля России на мировом рынке биотехнологий пока незначительна и составляет около 0,1 %. Большая часть мирового рынка представлена биофармацевтической отраслью и биомедициной (60 %), отрасль промышленных биотехнологий (включая биоэнергетику) занимает 35 % глобального рынка, рынок агро- и природоохранных биотехнологий в совокупности составляют не более 5 %. К 2020 г. объем мирового рынка биотехнологий, по прогнозам, достигнет 600 млрд долл. При этом доля биотехнологических фармацевтических препаратов, по прогнозам компании Frost & Sullivan, к 2020 г. составит около 27 % общего объема фармацевтического рынка, оцениваемого в триллион долларов [5]. К 2025 г., по оценкам экспертов, мировой рынок биотехнологий достигнет уровня в 2 триллиона долларов США, при этом темпы роста по отдельным сегментам рынка колеблются от 5-7 до 30 % ежегодно [8].

Сложность управления формированием био- и нано-технологических промышленных комплексов состоит в том, что на современном уровне развития науки происходит взаимопроникновение био- и нано- технологий. Мировые технологические тренды характеризуются формированием нового VI технологического уклада, формирующегося на основе НБИК-конвергенции, охватывающей четыре ключевые направления развития современной науки и технологии: нано-, био-, инфо- и когно-технологий. При этом взаимосвязь био- и нано-технологий носит фундаментальный характер, обусловленный рядом общих особенностей: технологии оперируют молекулярными структурами и субстанциями; являются результатом фундаментальных исследований, доведенных до уровня прикладных разработок; внутри каждой технологии формируется сетевая структура, обеспечивающая оптимальное соотношение темпов развития потенциала фундаментальной и прикладной науки, а также экспериментальных и производственных технологий. Учитывая отмеченные особенности и многовариантность НБИК-конвергенции, совокупность организаций, осуществляющих разработку, производство и реализацию продукции, полученной на основе биотехнологических и нанотехнологических инноваций, целесообразно рассматривать как «бионанотехнологический» промышленный комплекс (БНТ-комплекс), обладающий рядом общих черт и тенденций развития.

Наиболее перспективной формой развития бионанотехнологических промышленных комплексов является формирование бионано-ориентированных кластеров (БНТ-кластеров). В настоящее время в России действует, по официальным данным, 95 кластеров, в том числе 25 инновационных и 70 промышленных. В рамках федеральной кластерной политики осуществляется целевая поддержка развития инновационных территориальных кластеров разной отраслевой специализации, при этом подавляющая часть кластеров ориентирована на производство продукции биотехнологического и нанотехнологического профиля.

Анализ программ развития формирующихся инновационных территориальных кластеров, специализирующихся в области био- и нано- технологий, позволяет выделить основные их отличительные черты:

- кластеры данного типа являются надсистемой, охватывающей разные виды субкластеров отраслевой и/или технологической направленности (фармацевтического, медицинского, химического профиля и т.п.), объединенных процессом создания инновационной продукции и/или услуг;
- результаты деятельности кластеров (инновационная продукция и новые технологии) имеют многоотраслевой характер, применяются в разных отраслях промышленности, а также в сфере науки, образования и других отраслях экономики (здравоохранении, социальной сфере, в управлении и т.д.).

В числе основных системообразующих факторов формирования БНТ-кластеров, по мнению авторов, необходимо выделить:

- конвергентность биотехнологических и нанотехнологических инноваций в рамках всей цепочки формирования ценностей (наука-технологии-производство);
- специфические свойства (отдельных классов и видов) продукции, производимой с использованием нанотехнологических и биотехнологических производственных процессов (в том числе, безопасность бионанопродукции для населения и природной среды);
- фактор «цифризации» производства как глобального вектора индустриализации и новой; парадигмы управления развитием высокотехнологичных промышленных комплексов;
- необходимость комплексного решения инновационно-инвестиционных задач развития БНТ-комплексов, ввиду высокой капиталоемкости, наукоемкости и рисковости проектов;
- особенности процессов патентования, трансферта и коммерциализации бионанотехнологических инноваций.
- ориентации на углубление интеграции научно-технологических и производственных процессов развития БНТ-комплексов, в том числе в формате различных интеграционных экономических союзов (прежде всего, Евразийского экономического союза);
- использование потенциала современной (сетевой, виртуальной) инфраструктуры научно-исследовательской и производственно-технологической деятельности, включая потенциал международных сетей (научных парков, кластеров, особых экономических зон).

Анализ показывает, что формирование бионано-ориентированных кластеров, отличается разнообразием моделей формирования и развития, обусловленных, прежде всего, многообразием возможных форм конвергенции технологий, отраслевой спецификой организации научно-исследовательской деятельности, возможными формами и особенностями организации производственных процессов и потенциалом спроса и способов использования бионанотехнологической продукции. Большие перспективы имеет формирование БНТ-кластеров в области бионанофармацевтики и медицины, производстве бионанокomпозиционных материалов широкого и специального применения в различных отраслях промышленности, бионанополимерной индустрии [2].

Применительно к развитию бионаноориентированных кластеров можно выделить ряд вариантов структур конвергенции НБИК-технологий [7]: (НТ – БТ) – нанотехнологии выращивания колоний микроорганизмов с использованием синтетических материалов; (БТ – НТ) – технологии разработки и производства «умных бактерий», технологии кастомизации (целевого изготовления) биопродукции, технологии кастомизации фармацевтических препаратов в соответствии с индивидуальными потребностями больного, технологии определения раковых клеток и их деструкции; (НТ – БТ – ИКТ) – молекулярное нанопроизводство (метод «снизу вверх»); (ИКТ – БТ – НТ) – моделирование ДНК, технологии протеомики, технологии биоинформатики и телемедицины; (ИКТ – БТ) – компьютерное моделирование ДНК, телемедицинские системы; (КТ – НТ – БТ) – технологии создания искусственных клеток мозга, технологии оживления и активации биосистем, механический интеллект.

Программы развития БНТ-кластеров, как показывает анализ, отражают специфические условия и особенности потенциала формируемых в настоящее время бионанотехнологических отраслей и

направлены на синхронизацию развития промышленных комплексов и сырьевой базы производства, формирование научно-исследовательских сетей, развитие инновационного качества производственных мощностей, расширение областей применения производимой продукции в экономике. Ключевые программные показатели развития бионано-ориентированных территориальных кластеров за период 2012-2017 гг. представлены в таблице. Наиболее развитыми в настоящее время являются БНТ-кластеры фармацевтического и медицинского профиля; в последний период интенсивно развиваются кластеры, ориентированные на развитие радиомедицины. Значительные объемы бюджетных и частных инвестиций в рамках программ развития БНТ-кластеров направляются на развитие сектора исследований и разработок, а также развитие производственной, инвестиционной и управленческой инфраструктуры кластеров.

К факторам, препятствующим в настоящее время развитию бионано-ориентированных кластеров, следует отнести:

- отсутствие четких моделей и критериев выбора специализация кластера;
- преимущественное внимание к развитию материальной инфраструктуры кластеров в ущерб разработке экономико-управленческим механизмов стимулирования развития наукоемкого бизнеса;
- фокусирование на потенциале крупных ядерных компаний при недостаточном внимании к развитию малых инновационных компаний;
- превалирование коммерческих целей при недостаточном стимулировании развития НИОКР в областях специализации кластеров;
- недостаточное развитие и низкая адаптивность инфраструктуры кластеров к динамике процессов развития бионанотехнологий и потребностям рынка.

Одной из наиболее существенных проблем формирования БНТ-кластеров, по мнению авторов, является отсутствие развитых систем управления кластерами (кластер-менеджмента), прежде всего, в области долгосрочного прогнозирования и оценки рисков развития кластеров.

Многовариантность НБИК-конвергенции предопределяет целесообразность разработки максимально гибкого инструментария управления формированием программ развития БНТ-кластеров, а также многовариантного моделирования инвестиционного обеспечения реализации кластерных проектов (включая меры государственной поддержки) с учетом специфики каждого вида бионанотехнологических инноваций, а также потенциала и условий конкретного региона локализации кластера. Управление формированием БНТ-кластеров должно осуществляться с использованием как общепринятого, так специфического инструментария кластерообразования, в числе которых особую значимость имеют:

- формирование и институализация систем кластер-менеджмента, ориентированных на принятие стратегических решений с учетом конвергенции потенциала бионанотехнологий;
- разработка специального инструментария прогнозирования трендов развития рынков бионанотехнологических инноваций в глобальном, национальном и региональном измерении;
- использование технологий компьютерного инжиниринга, обеспечивающего выбор оптимальной модели формирования БНТ-кластера, учет многовекторности реализации потенциала кластера как в научно-исследовательской, так и производственно-технологической сфере по всей управленческой цепочке (прогнозирование, планирование, учет и мониторинг);
- развитие потенциала специализированных элементов инновационной инфраструктуры, необходимой для функционирования БНТ-кластеров (центров компетенций в области бионанотехнологических инноваций, центров живых систем и пр.);

– формирование платформ и сетевых механизмов (виртуализацию) внутрикластерного и внешнего взаимодействия участников кластера с национальными, региональными и международными структурами, способствующих реализации потенциала кластера.

Таблица 1

**Программные показатели развития
бионано-ориентированных кластеров [3]**

Инновационный кластер	Объем работ и проектов в сфере научных исследований и разработок (млн руб.)	Объем отгруженной инновационной продукции собственного производства (млрд руб.)	Общий объем инвестиций в развитие кластера (млрд руб.)	Объем инвестиционных затрат участников кластера (млрд руб.)
Кластер фармацевтики, биотехнологий и биомедицины (Калужская обл.)	2749	148,7	73,55	27,33
Алтайский биофармацевтический кластер	21100	105,9	250,4	20,11
Фармацевтика, медицинская техника и информационные технологии (Томская область)	18700	27,95	7,2	33
Кластер медицинской, фармацевтической промышленности, радиационных технологий (г. Санкт-Петербург)	7787	19,6	23,76	23,31
Биотехнологический инновационный территориальный кластер (г. Пущино)	8493	69,5	7,12	9,3
Инновационный кластер информационных и биофармацевтических технологий (г. Новосибирск)	72379	304,1	202,3	110,1
Новые материалы, лазерные и радиационные технологии (г. Троицк)	14027	38,82	174	98,1
Кластер ядерно-физических и нанотехнологий (г. Дубна)	46947	89,41	28,93	25,36
Кластер «Физтех XXI» (г. Долгопрудный)	13400	75,6	99,9	28,6
Кластер «Зеленоград»	47800	101,5	27,7	20,8
Кластер инновационных технологий ЗАТО (г. Железногорск)	2294,1	235,8	14,4	182,1
Саровский инновационный кластер	28105	270,3	27,94	37,52
Ядерно-инновационный кластер (г. Димитровград)	121738	22,79	1,932	1,571
Энергоэффективная светотехника и интеллектуальные системы управления освещением (г. Саранск)	1926,2	20,34	22,95	3,98

Управление процессами развития БНТ-кластеров, должно быть основано на новых управленческих подходах, способствующих учету особенностей кластерообразования, индивидуализации решений и моделировании сценарных вариантов развития кластеров, а также формированию критической массы компетенций и ресурсов, в том числе направленных на реализацию прорывных инноваций. Формирование систем кластер менеджмента БНТ-кластеров должно быть ориентировано на решение ряда задач:

- развитие комплексной междисциплинарной системы исследований и разработок, интегрированной в международную технологическую среду;
- разработку организационных и правовых основ, способствующих ускоренному развитию новых рынков бионанотехнологий и бионанопродукции;
- создание высокотехнологичной научно-производственной инфраструктуры, адаптированной к специфике научно-технологических процессов отрасли и способствующей активизация малого бизнеса в создании новых бионанотехнологических продуктов.

При создании БНТ-кластеров возникает целый комплекс новых задач, обусловленных спецификой развития промышленных отраслей, формируемых на основе био- и нано- технологических инноваций. К наиболее важным следует отнести необходимость создания специальных систем долгосрочного прогнозирования и мониторинга новых глобальных тенденций в развитии отдельных направлений бионаноиндустрии и рынков, разработки инструментария маркетинга для оценки латентных рынков бионанотехнологической продукции, а также развитие междисциплинарной системы подготовки профессиональных кадров. Наиболее адекватным инструментом для решения данных задач является создание Форсайт-центра в структуре БНТ-кластеров.

В числе главных целей создания кластерного Форсайт-центра следует выделить:

- разработку методологии и инструментария форсайта, адаптированного к специфике бионанотехнологий, определяемых вариантом НБИК-конвергенции и формой конкретного БНТ-кластера (субкластера);
- моделирование и оценку сценариев развития БНТ-кластеров, учитывающих технологические тренды в сфере НБИК-конвергентных технологий и мировых рынков (с учетом национальных и международных форсайт-проектов);
- создания инструментария, способствующего выявлению приоритетных направлений научно-технологического, инновационного и социально-экономического развития БНТ-кластеров;
- разработку программ и механизмов стимулирования интеграции кластера в международные и национальные исследовательские программы и проекты;
- формирование и развитие компетенций по методологии форсайт-исследований и выработка практических рекомендаций для решения многоуровневых задач стратегического развития БНТ-кластеров (национального, регионального и отраслевого уровня).

Создание Форсайт-центра в структуре БНТ-кластеров позволит: определять приоритетные направления деятельности кластера на обоснованной научно-методологической базе, сценарии развития отдельных рынков бионанотехнологической продукции по профилю БНТ-кластера и формировать маркетинговые стратегии реализации продукции на глобальных и национальных рынках, формировать программы инновационного (прежде всего, научно-технологического) развития БНТ-кластера с учетом предвидения спроса и прогнозирования рисков развития рынков бионанотехнологической продукции, определять механизмы трансферта научных разработок в массовое производство с учетом перспектив развития и спроса на отдельных рынках бионанопродукции и услуг (B2C) и технологий (B2B), осуществлять разработку дорожных (научно-технологических) карт по секторам бионаноэкономики, определяемых направлениями специализации БНТ-кластера, обеспечить профессиональное участие организаций БНТ-кластера в деятельности технологических платформ с целью

выявления «прорывных» направлений научно-технологического развития в области специализации БНТ-кластера. Формирование кластерных Форсайт-центров в составе бионано-ориентированных кластеров требует учета ряда ограничивающих факторов, прежде всего, необходимость в большом объеме финансирования, а также длительный период для организации полноценного функционирования центра (ввиду необходимости разработки теоретико-методологического и методического обеспечения деятельности центра и подготовки соответствующих специалистов). В числе важных требований к организации деятельности Кластерного Форсайт-Центра следует отметить необходимость интеграции кластерных форсайт-программ в общую систему кластер-менеджмента. Преимущества функционирования Форсайт-центра в БНТ-кластерах заключаются в возможности:

- оценки изменений в научно-технологическом, социально-производственном и экспортном потенциале бионанотехнологических промышленных комплексов и выработки консенсуса о потенциале, направлениях и стратегиях развития БНТ-кластеров, дифференцированных по секторам бионанотехнологической цепочки;
- определения технологических горизонтов развития отдельных направлений бионанотехнологий, способствующих конкретизации кластерной политики и стратегий развития БНТ-кластеров с учетом потенциальных угроз и возможностей.

Сосредоточение ключевых компетенций кластер-менеджмента в кластерных Форсайт-центрах позволит:

- повысить качество и результативность стратегического и технологического планирования развития бионанотехнологических промышленных комплексов;
- обеспечить синхронизацию и оптимизировать кооперирование научных и производственных процессов;
- повысить объективность определения потенциала, направлений и приоритетов деятельности инфраструктурных и специализированных организаций кластера;
- оценивать перспективы и определять механизмы встраивания кластера в различные межкластерные, межотраслевые и глобальные цепочки научно-исследовательской и производственно-коммерческой деятельности БНТ-кластеров.

Деятельность кластерных Форсайт-центров должна соответствовать общей стратегии формирования в России национальной системы технологического прогнозирования, что должно найти отражение в обоснованном плане (дорожной карте) и научно-методическом обеспечении функционирования центра, интегрирующих инструменты прогнозирования национального, отраслевого и регионального масштаба.

Библиографический список

1. Годовой отчет акционерного общества «Роснано» за 2015 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.rusnano.com/upload/images/normativedocs/ROSNANO-AO_Annual_Report_2015_RUS.pdf (дата обращения : 12.07.2016).
2. Зиньковская, Н. В. Кластерная политика развития нанополимерной индустрии / Н. В. Зиньковская, Л. А. Толстопятенко // Вестник Университета (Государственный университет управления). – 2011. – С. 143-146.
3. Кластерная политика: концентрация потенциала для достижения глобальной конкурентоспособности / Под ред. И. М. Бортника, Л. М. Гохберга, А. Н. Клепача, П. Б. Рудника, О. В. Фомичева, А. Е. Шадрина [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.hse.ru/pubs/share/direct/document/148470113> (дата обращения : 12.07.2016)
4. Обзор рынка биотехнологий в России и оценка перспектив его развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.rusventure.ru/ru/programm/analytics/docs/20141020_Russia %20Biotechnology %20Market_fin.pdf](http://www.rusventure.ru/ru/programm/analytics/docs/20141020_Russia%20Biotechnology%20Market_fin.pdf) (дата обращения : 12.07.2016).

5. План мероприятий («дорожная карта») «Развитие биотехнологий и генной инженерии», утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 18 июля 2013 г. № 1247-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://economy.gov.ru/minrec/activity/sections/innovations/doc20130724_04 (дата обращения : 12.07.2016).
6. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 7 июля 2011 г. N 1192-р «Категории продукции наноиндустрии в области товаров и услуг» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_115682/ (дата обращения : 12.07.2016).
7. Руденский, О. В., Рыбак, О. П. Инновационная цивилизация XXI века: конвергенция и синергия NBIC-технологий. Тенденции и прогнозы 2015–2030 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.vixri.ru/wp-content/uploads/2011/08/inf3_2010.pdf (дата обращения : 12.07.2016).
8. Рынок биотехнологий в России: анализ и перспективы развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.hse.ru/org/hse/expert/3674610/bio> (дата обращения : 12.07.2016).