

ISSN 2500-316X (Online)

<https://doi.org/10.32362/2500-316X-2020-8-3-92-103>



УДК 338.1

Проблемы и тенденции процесса наноиндустриализации в РФ

Н.В. Ломоносова¹,
Д.А. Петрусевич^{2, @}

¹Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва 119049, Россия

²МИРЭА – Российский технологический университет, Москва 119454, Россия

@Автор для переписки, e-mail: petrusevich@mirea.ru

В представленной работе рассматриваются и анализируются ключевые особенности процесса становления и развития наноиндустрии в Российской Федерации. В качестве объекта исследования выступает наноиндустрия, как комплекс организаций, осуществляющих деятельность по созданию наукоемкой продукции наноразмерного уровня (от 1 до 100 нм) с высоким уровнем добавленной стоимости и ранее недостижимыми технико-экономическими свойствами. Предметом исследования является совокупность факторов, формирующих тенденции процесса наноиндустриализации в Российской Федерации. Основная цель данной работы заключается в проведении оценки совокупности факторов процесса наноиндустриализации при помощи методов формальной логики, индукции и дедукции, анализа имеющихся в открытом доступе статистических данных. Актуальность работы обусловлена активным развитием мирового рынка нанопродуктов, в то время как отечественная сфера наноиндустрии продолжает находиться на стадии поиска возможных путей достижения потенциально значимых результатов функционирования наукоемких производств. В работе представлен обзор современного состояния наноиндустрии в РФ, обоснованный историческим развитием нанотехнологий, и произведено сравнение отечественного рынка нанопродуктов с зарубежными лидерами. В результате проведенного SWOT-анализа выявлены сильные и слабые стороны процесса наноиндустриализации в РФ, определены возможности и угрозы его дальнейшего социально-экономического развития. Положения и выводы, представленные в статье, могут быть использованы при разработке прогнозных моделей развития наноиндустрии в кратко- средне- и долгосрочном периоде.

Ключевые слова: нанотехнологии, nanoиндустрия, стратегия развития nanoиндустрии, инновационная экономика, SWOT-анализ (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*); коммерциализация проектов, nanoэкономика.

Для цитирования: Ломоносова Н.В., Петрусевич Д.А. Проблемы и тенденции процесса nanoиндустриализации в РФ. *Российский технологический журнал*. 2020;8(3):92-103. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2020-8-3-92-103>

Problems and trends in the nanoindustry development in Russia

Natalia V. Lomonosova¹,
Denis A. Petrushevich^{2, @}

¹National University of Science and Technology "MISIS", Moscow 119049, Russia

²MIREA – Russian Technological University, Moscow 119454, Russia

@Corresponding author, e-mail: petrushevich@mirea.ru

In the present paper some special features of the Russian nanoindustry are researched. The object of the research is the nanoindustry that is taken into account as a complex structure of the organisations in the Russian Federation, which develop knowledge-intensive production at the nano scale (1–100 nm) with high added value and unachievable earlier technical features and possibilities for different industries. The main theme of this paper is an observation of the set of factors, which have influence on the future of the nanoindustry in Russia. The main goal of the research is to analyze factors of the nanoindustry development in Russia by means of the methods of the formal logic, induction and deduction and by means of the analysis of the open statistical sources. The research is of immediate interest due to the quick development of the nanoproduct world market. It's quite new and includes a lot of actual scientific results. At the same time the Russian sector is still at the beginning stage of search of potentially valuable results of the knowledge-intensive productions. In the paper the modern state of Russian nanoindustry is presented and is held under investigation. It is compared to the nanoindustries in other countries. The SWOT analysis of the Russian nanoindustry development has been made. The advantages and weaknesses of the Russian nanoindustry are taken into account. The possibilities and threats to the Russian nanoindustry market are described. The conclusions of this research can be used in the long-term and short-term forecasts of the Russian nanoindustry development.

Keywords: nanotechnologies, nanoindustry, nanoindustry development strategy, innovative economy, SWOT analysis (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*), commercial availability, nanoeconomy.

For citation: Lomonosova N.V., Petrushevich D.A. Problems and trends in the nanoindustry development in Russia. *Rossiiskii tekhnologicheskii zhurnal = Russian Technological Journal*. 2020;8(3):92-103 (in Russ.). <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2020-8-3-92-103>

Введение

Появление высокотехнологичной индустрии принципиально нового типа сформировало текущий этап развития мировой экономики, ознаменованный появлением рынка нанотехнологий и возникновением обширного спектра связанных с ним особенностей. Научными исследованиями в данной области в настоящее время занимаются такие отечественные авторы, как О.А. Автомонова [1], которая рассматривает nanoиндустрию

как центральное звено современной мировой экономики и основной двигатель инноваций; Г.Л. Азоев, с момента возникновения наноиндустрии в РФ исследующий данный рынок и исторические аспекты его становления; С.И. Данилов [2], поддерживающий идеи формирования наноиндустриальной экономики и анализирующий различные барьеры, возникающие на пути ее развития; Г.И. Арутюнова [3], детально рассматривающая вопросы перспектив государственной поддержки наноиндустриальных проектов; А.Ф. Лещинская [4], исследующая тенденции коммерциализации нанотехнологий в отечественной практике; О.В. Иншаков [5] и Е.И. Иншакова [6], которые занимаются стратегическим планированием региональных факторов развития наноиндустрии в РФ; Л.С. Раткин [7–8], изучающий опросы эффективности реализации инвестиционных проектов и программ в нанотехнологичной сфере; К.В. Павлов [9], анализирующий статистическую динамику развития отраслевой наноэкономики в РФ; М.И. Тронин [10], который рассматривает вопросы наноиндустриализации с точки зрения стандартизации, сертификации и контроля качества нанотехнологичной продукции и др. Среди зарубежных исследователей следует отметить таких ученых, как Burello E. [11], Steinhäuser K.G. [12], Bergeson L.L. [13] и др.

История вопроса

Промышленная революция, связанная с началом активного применения нанотехнологий в различных сферах человеческой жизни, началась в 2000-е годы. В этот период многие развитые страны, заинтересованные в трансформации национального промышленного производства, встали на путь наноиндустриализации. Однако, до того, как в 2000 году в США была поддержана Национальная инициатива в области нанотехнологий, а в РФ в 2004 году появилась «Концепция развития в РФ работ в области нанотехнологий», многие годы проводились лишь отдельные исследования, позволяющие комплексно изучать феномен нанотехнологий как таковой (успешно выявлять и исследовать инновационные материалы, обладающие характеристиками «нано» как минимум в одном из трех измерений), и проводить, хоть и достаточно обширные, но лабораторные эксперименты по получению и применению нанотехнологий. Таким образом, начиная с 2004 года, предпринимались попытки осуществить некоторые шаги в сторону формирования государственной политики в области нанотехнологий. Например, в 2006 году был издан государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 210600 – «Нанотехнология» с присвоением выпускникам квалификации «инженер»¹. Системное же развитие нанотехнологий в России и осознание термина «наноиндустрия» проходило на рубеже 2007–2008 гг., когда была основана Российская корпорация нанотехнологий (РОСНАНО). К этому времени в США и Японии, которые по сей день являются лидерами в области наноиндустрии, уже приобретало значительную популярность массовое производство ряда наноиндустриальных продуктов.

Анализ проблем и тенденций процесса наноиндустриализации в РФ

В современном понимании термин «наноиндустрия» означает межотраслевой, а также междисциплинарный комплекс организаций (организации, осуществляющие деятельность в рамках различных научных дисциплин на основе единого подхода к рассмо-

¹ Портал Федеральных государственных стандартов высшего образования. URL: <http://fgosvo.ru/fgosvo/151/150/24>

трению материи на атомно-молекулярном уровне), обеспечивающих и осуществляющих целенаправленную деятельность по разработке и коммерциализации нанотехнологий². Термин «индустрия» часто ассоциируется, а иногда и полностью приравнивается к термину «промышленность», в то же время наноиндустрия не является самостоятельной отраслью, но проявляется на всех уровнях глобальной экономики и внедряется в большинство секторов промышленного производства: металлургию, машиностроение, химическую и фармацевтическую промышленность, медицину, оптику и т.д. Об этом свидетельствует динамика среднегодового темпа роста мирового рынка наноиндустрии, которая по данным корпорации *Lux Research, Inc.* составляет порядка 15% и к концу 2020 года достигнет примерно 6 трлн. долл. США [6]. На фоне официальных мировых темпов роста наноиндустрии отечественный рынок выглядит достаточно нестабильно. Так, согласно исследованиям РОСНАНО ежегодные колебания объема продаж, объема экспорта, доли конечных потребительских товаров и выручки от реализации нанотехнологической продукции сильно видоизменяются, показывая то положительную динамику, то значительное отставание от запланированных значений. По мнению авторов, это может быть связано с поэтапной адаптацией стратегии развития наноиндустрии в РФ к условиям воздействия различных политических санкций на экономику страны. В то же время, сравнительный анализ относительного значения темпов роста индекса промышленного производства и объемов отгруженной продукции наноиндустрии (в обоих случаях за 100% принимается значение по данным на 2010 г.) позволяет наглядно представить опережающие темпы развития наноиндустрии в РФ, что графически изображено на рис. 1.

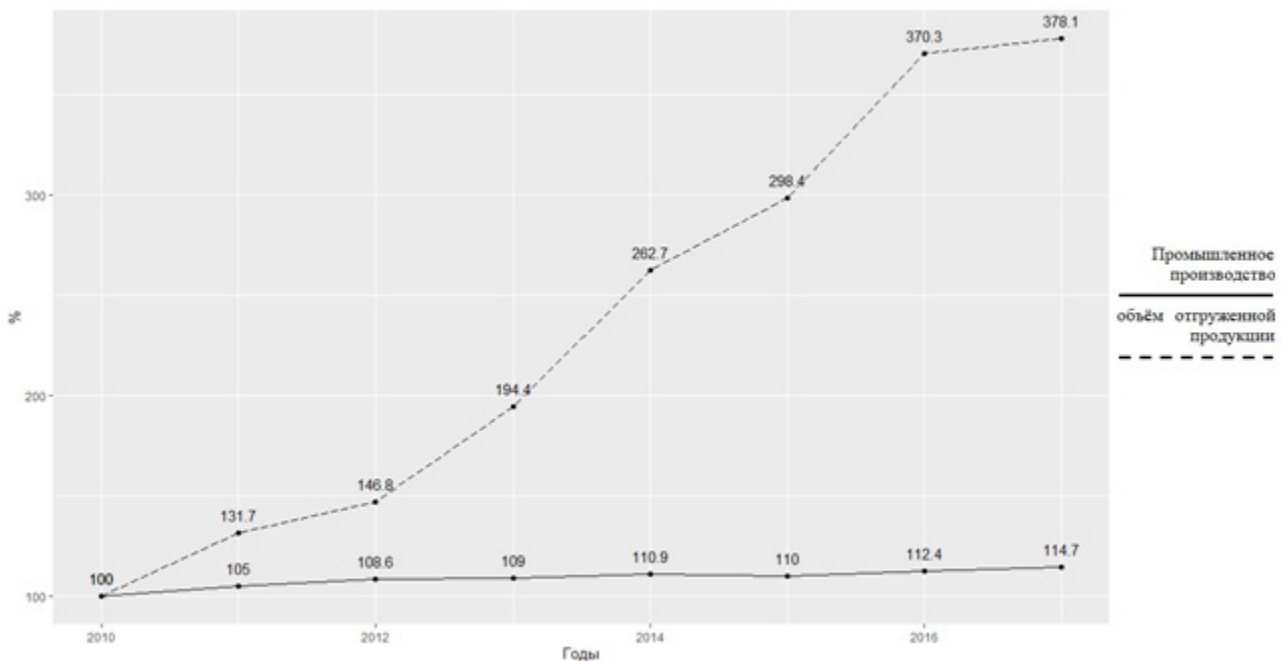


Рис. 1. Соотношение темпов роста промышленного производства и объема отгруженной продукции в РФ.

² Постановление Правительства РФ от 23.04.2010 № 282 (ред. от 28.09.2018) «О национальной нанотехнологической сети» (вместе с «Положением о национальной нанотехнологической сети»). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_99942/

Одновременно с этим следует отметить, что «Программа развития наноиндустрии в Российской Федерации»³, одобренная Правительством РФ в начале 2008 года, была рассчитана на срок до 2015 года и какой-либо обновленной программы на сегодняшний день нет. Сейчас процесс развития наноиндустрии подчиняется проектам, действующим в рамках федеральных целевых программ, тематических проектов крупных научных фондов и стратегий развития, разработанных РОСНАНО. Тем не менее, развитие нанотехнологий и новых материалов определяется как одна из важнейших задач, представленных в 2014 году в рамках стратегического долгосрочного Прогноза научно-технологического развития России на период до 2030 года (ПНТР)⁴. Таким образом, совершенствование отечественной законодательной базы, с точки зрения организационных, институциональных и финансовых аспектов ее функционирования, является одним из перспективных направлений развития наноиндустрии в РФ.

Другой, не менее значимой проблемой, тормозящей развитие наноиндустрии, является то, что сами по себе нанотехнологии не формируют какой-либо отрасли мирового хозяйства, поэтому фактически «растворяются» в других сферах промышленности и несут в себе только миссию модернизации существующих секторов экономики, повышая конкурентоспособность товаров относительно их традиционных аналогов в связи с улучшением их свойств. Этим можно объяснить затруднения в области сегментирования рынка нанотехнологичной продукции, снижение мировых темпов роста наноиндустрии в последние годы и критический разброс плановых показателей объемов данного рынка как в РФ, так и в мире. Дело в том, что первая применяемая методика сводится к расчету объема рынка наноиндустрии, как суммарному значению стоимости готовых изделий, при производстве которых были использованы наноматериалы. При таком подходе приходится учитывать, например, стоимость самолета, в некоторых деталях которого были использованы нанопорошки гафния [14]. Вторая методика подразумевает исключительно расчет стоимости нанодисперсных материалов (в представленном выше примере – только нанопорошков гафния). Очевидно, что объемы рынка наноиндустрии, определенные двумя представленными способами, будут отличаться в десятки и сотни раз. В целях совершенствования подхода к расчету текущих и прогнозируемых объемов рынка наноиндустрии условно принято делить продукцию наноиндустрии на несколько категорий:

«Категория А» – первичная нанотехнологичная продукция (наночастицы, нанопористые материалы, нанопорошки и пр.);

«Категория Б» – наносодержащая продукция, нанопосредники, наноинтермедиаты, (покрытия, ткани, волокна, чипы, оптические компоненты и пр.);

«Категория В» – товары/услуги, при производстве/оказании которых используются нанотехнологии/нанокомпоненты (электроника, фармацевтика, автомобилестроение продукты питания и пр.);

«Категория Г» – специальное оборудование для нанотехнологий, наноинструменты (микроскопы, оборудование для литографической печати и пр.)⁵.

³ Программа развития наноиндустрии в Российской Федерации до 2015 года (одобрено Правительством РФ 17.01.2008). URL: [https://rulaws.ru/acts/Programma-razvitiya-nanoindustrii-v-Rossiyskoy-Federatsii-do-2015-goda-\(odobreno-Pravitelstvom-RF-17/](https://rulaws.ru/acts/Programma-razvitiya-nanoindustrii-v-Rossiyskoy-Federatsii-do-2015-goda-(odobreno-Pravitelstvom-RF-17/)

⁴ Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Правительством РФ 3 января 2014 г.). URL: <http://static.government.ru/media/files/41d4b737638b91da2184.pdf>

⁵ Распоряжение Правительства РФ от 7 июля 2011 г. №1192-п «Об утверждении категорий продукции наноиндустрии в части товаров и услуг» <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/55071699/>

Наглядный пример, демонстрирующий сильную разницу между объемами отгруженной продукции наноиндустрии по перечисленным выше категориям, представлен на рис. 2.

На представленном на рисунке 2 графике видно, что наилучшую динамику демонстрирует продукция «Категории Б», то есть наносодержащая продукция, имеющая в своем составе нанопродукцию «Категории А».

Тем не менее, такая обобщенная идеология разделения нанопродукции по категориям практически всегда требует дополнительного уточнения при классификации конкретного нанообъекта, что на текущем этапе развития наноиндустрии в РФ может быть достигнуто только разработкой локальных нормативно-правовых актов ведомств и заинтересованных участников рыночных отношений. А эта проблема вновь связана с отсутствием стандартизации и единства подходов к определению конечных объемов рынка. Обе описанные выше проблемы в совокупности с неоднозначностью подходов к сертификации и контролю качества нанотехнологичных продуктов и производств влекут за собой еще один фактор, влияющий на активность процесса наноиндустриализации – отсутствие стандартизации экономико-статистических расчетов объема рынка нанотехнологий. Данная особенность значительно усложняет сбор, систематизацию и проведение аналитических исследований в области наноиндустрии и связана, в первую очередь, с тем, что в различные отчеты и реестры теоретически могут попадать товары, которые строго не соответствуют заявленным критериям наноиндустрии. Так, многие популярные мировые экономико-статистические реестры наноиндустрии (например, Британская Ассоциация нано-

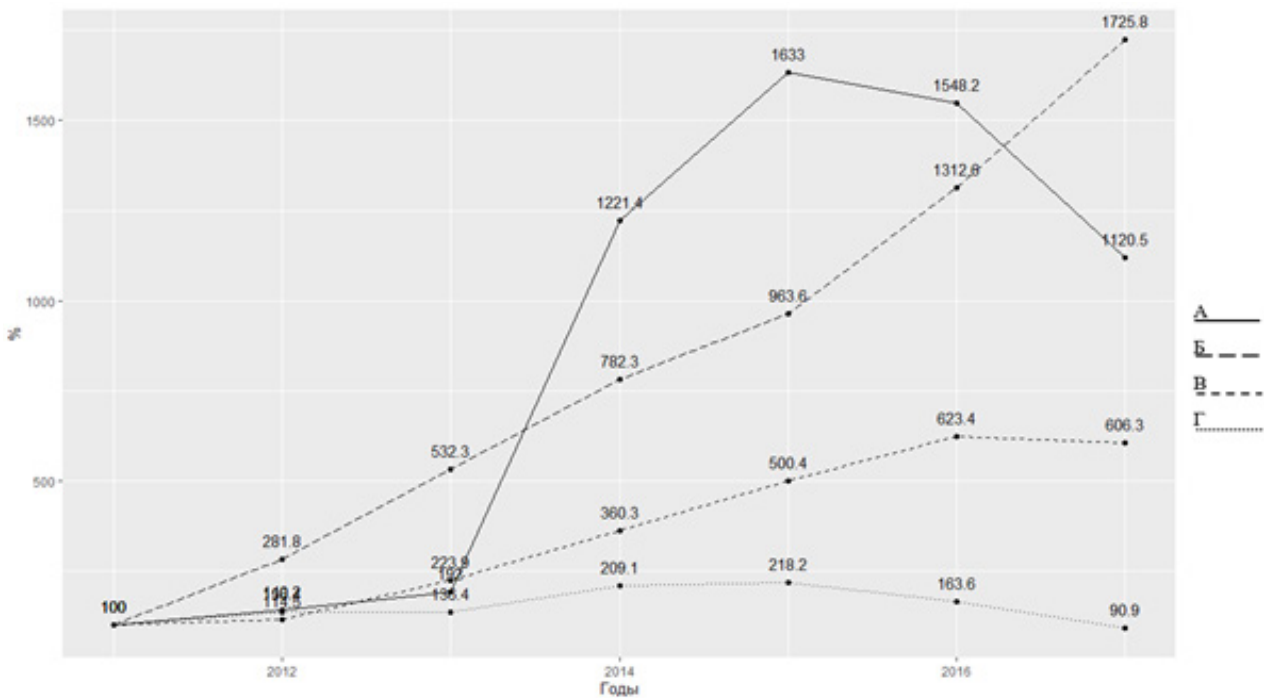


Рис. 2. Темпы роста отгруженной продукции по категориям, в % (относительно 2011 г.).

технологических отраслей промышленности «*Nanotechnology Industries Association*» NIA⁶, Датская аналитическая компания *Nanodatabase*⁷, База данных «*The Nanowerk Nanomaterial Database*») позволяют обычным пользователям реестров участвовать в расширении и совершенствовании баз данных на сравнительно упрощенных условиях.

Следующая проблема, определяющая тенденции процесса наноиндустриализации в РФ, связана с территориальной неоднородностью дислокации нанотехнологичных производств и объясняется в первую очередь, региональной децентрализацией РФ как таковой. Преимуществом РФ в данном случае является возможность такого географического расположения конкретных производственных объектов сферы наноиндустрии, которое обеспечит максимально комфортные условия для их функционирования (климатические условия, экологические условия, близость к источникам полезных ископаемых или иных материалов, требующихся для сокращения затрат на логистику и т.д.)

Не менее важное значение имеет вопрос отставания темпов коммерциализации нано-разработок в РФ от мировых лидеров (США, Япония, Южная Корея, страны Евросоюза) в среднем на 5–7 лет. На сегодняшний день в рейтинге Индекса конкурентоспособности национальных инновационных систем РФ, наравне с Канадой и Австралией, находится на 42 месте среди 50 стран, в тоже время, по показателям, характеризующим объем инвестиций в наноиндустрию, отечественная экономика не слишком сильно отстает от лидера – США. По мнению авторов, такой диссонанс вызван рассредоточением сравнительно крупных объемов инвестиций в отечественные наноиндустриальные проекты и сопутствующее ему условное отсутствие концентрации ресурсов и производства. Так, в Японии наноиндустрия ориентирована на робототехнику, в США – на авиационную промышленность и военную технику, в Германии нанотехнологии используют преимущественно в автомобилестроении [12] и т.д. Стремление отечественных инвесторов вкладывать капитал во всевозможные отрасли в небольших размерах, диверсифицируя при этом собственные риски, приводит к отсутствию целевого характера капиталовложений и неэффективности финансирования нанотехнологий как такового.

Следующей социально-экономической проблемой являются сложности, связанные с прямым и венчурным инвестированием нанотехнологичных проектов и дефицитом венчурных фондов в РФ. С учетом большой капиталоемкости сферы разработки и коммерциализации нанотехнологий, основной акцент в инвестициях делается на установление четкой взаимосвязи и интеграции всех потенциальных участников «цепочки» формирования добавленной стоимости в данной области, а также на создание сетевых структур кластерного типа (технологических платформ, национальных нанотехнологических сетей и др.). В большинстве случаев для инвестирования в нанотехнологичные производства требуется сравнительно большие суммы денег, в то время как период их окупаемости может превышать нормы. Тем не менее, официальные данные РОСНАНО [8] свидетельствуют о том, что за период 2015–2018 гг. были созданы шесть инвестиционных фондов, предназначенных для работы с нанотехнологичными проектами. Прогнозный объем денежных средств, который станет возможно привлечь в сферу наноиндустрии к 2023 году при помощи данных фондов, составляет от 170 до 225 млрд. руб. Подобная положительная перспектива

⁶ Британская Ассоциация нанотехнологических отраслей промышленности *Nanotechnology Industries Association*. <https://nanotechia.org/>

⁷ Датская аналитическая компания *Nanodatabase*. <https://nano.nature.com/>

может быть омрачена фактом наличия критической олигополии инвестиционных корпораций, специализирующихся на вложениях в нанотехнологичные производства.

Кроме этого, инвестиционную активность в сфере nanoиндустрии ограничивают такие факты, относящиеся к подавляющему большинству наукоемких отраслей, как высокие издержки на этапах проведения НИОКР, разработки, внедрения и коммерциализации нанотехнологичной продукции; а также значительные временные затраты бизнес-процесса «от разработки – до внедрения и продаж» [15]. Высокая наукоемкость нанотехнологий также обуславливает открытие широких перспектив разработки инновационных, пользующихся спросом товаров со значительной доходностью и капиталотдачей, но одновременно с этим влечет за собой непрогнозируемые риски, возникающие в процессе проведения исследований.

Вопрос текущего и прогнозируемого масштаба интегрированности отечественного сектора nanoиндустрии в глобальную международную систему nanoиндустрии имеет отдельное макроэкономическое значение. На сегодняшний день число предприятий, производящих и реализующих нанотехнологичную продукцию на территорию РФ, составляет порядка 560 (для сравнения, всего в мире более 16 тыс. таких компаний), а объем отгруженных ими товаров – 5284.9 млрд. руб. Из них денежный эквивалент поставляемой на экспорт (в основном, в страны СНГ и Западной Европы) продукции составляет лишь 336.4 млрд. руб., т.е. примерно 6.37% [16]. Доля нанотехнологичных товаров, реализуемых на мировом рынке, относительно совокупных мировых объемов товаров nanoиндустрии составляет порядка 4%, хотя и имеет ежегодную тенденцию к возрастанию. Что касается товарной структуры экспорта nanoиндустрии, то здесь доминируют такие производственные сферы, как металлургия, машиностроение и химическая промышленность. Чуть меньшая часть экспортируемых нанотехнологичных товаров приходится на энергетику и телекоммуникации. Следует отметить, что большинство экспортируемой продукции относится к «Категории В», то есть, категории товаров и услуг, при производстве которых используются нанокomпоненты. В данном случае фактором, сдерживающим экспортную деятельность и ограничивающим внешние рынки сбыта РФ в сфере nanoиндустрии, могут быть не только политические и экономические санкции, сопровождающиеся отказом зарубежных партнеров от сделок и совместных проектов с отечественными фирмами, но и проблемы недостаточного развития международного маркетинга российской продукции, произведенной с использованием нанотехнологий, а также недостаток научной взаимосвязи между российскими и зарубежными исследователями. В целом, развитие nanoиндустрии РФ за счет экспортного потенциала в среднесрочной перспективе можно считать маловероятным.

Широкие перспективы для сферы nanoиндустрии открывает глобальное видоизменение рынка труда. Противоречие, возникающее в связи с появлением большого количества новых рабочих мест для кадров, имеющих высокую квалификацию, с одной стороны, и вытеснением специалистов, работающих в области производства традиционных аналогов нанотехнологичной продукции, с другой стороны, обуславливает несколько особенностей. Во-первых, неизбежно образуется сектор структурной стимулирующей безработицы, при которой требуется переобучение сотрудников навыкам работы с наноструктурными материалами. Очевидно, что это должно спровоцировать спрос на программы повышения

квалификации и профессиональной переподготовки кадров. Во-вторых, происходит трансформация требований к сотрудникам, изменение профстандартов ряда профессий, наиболее свойственных для наноиндустриальных производств. В-третьих, возникают серьезные изменения в сфере высшего образования, касающиеся программ подготовки кадров требуемой квалификации, в том числе увеличение числа образовательных организаций высшего образования, реализующих направления подготовки, ориентированные на развитие наноиндустрии (по официальной статистике в РФ насчитывается порядка 40 образовательных организаций высшего образования, обучающих специалистов в области нанотехнологий или направлений подготовки, тесно связанных с ними, и около 200 образовательных программ [17]). В-четвертых, уже сегодня по численности работников, занятых в сфере наукоемких производств, РФ занимает 15-ю позицию в мировом рейтинге [18], что в совокупности с достаточно высокой публикационной активностью, регистрацией патентов и изобретений исследователей в области наноиндустрии, дает основания положительно характеризовать динамику развития человеческого капитала для наноиндустрии.

Для выявления проблемных полей, перспектив и возможных последствий наноиндустриализации РФ был проведен SWOT-анализ (таблица), позволяющий систематизировать перечисленные выше сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы, характерные для современного состояния наноиндустрии.

Выводы

Несмотря на проблемы и риски, препятствующие интенсивному развитию наноиндустрии в РФ, интерес к производству нанотехнологичной продукции продолжает расти. Социально-экономический интерес вызывают в большей степени конечные продукты с улучшенными свойствами, полученные при помощи нанотехнологий, чем инновационные товары, аналогов которым не существует. При проведении оценки совокупности макроэкономических перспектив и последствий процесса наноиндустриализации обнаружено, что среди ключевых особенностей текущего процесса следует выделять такие факторы, как:

- научная заинтересованность исследователей данной проблемой;
- специфические исторические особенности развития наноиндустрии в РФ;
- отсутствие отраслевой принадлежности наноиндустрии к какому-либо единому сектору промышленности;
- нестабильность развития отечественного рынка наноиндустрии по сравнению с динамикой развития рынков стран-лидеров;
- сложности, связанные со стандартизацией и сертификацией наноиндустриальной продукции;
- децентрализация наноиндустриальных предприятий на территории РФ;
- ряд социально-экономических, финансовых и инвестиционных особенностей, а также особенностей, связанных с развитием рынка труда и кадрового обеспечения наноиндустрии.

Каждый из причисленных ключевых факторов процесса наноиндустриализации РФ имеет как положительное, так и отрицательное влияние на развитие нанотехнологий, и нуждается в детальном анализе, который может служить предметом дальнейших исследований.

SWOT-анализ процесса наноиндустриализации РФ

Сильные стороны (Strengths)	Слабые стороны (Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none"> – Высокий интеллектуальный научно-исследовательский потенциал; – Значительный объем фундаментальных наукоёмких разработок в области нанотехнологий; – Масштабная государственная поддержка развития наноиндустрии; – Поэтапное развитие сети инвестиционных венчурных фондов; – Увеличение конкурентоспособности товаров, обладающих новыми свойствами, относительно их крупнодисперсных аналогов; – Расширение спроса на рынке труда высококвалифицированных кадров; – Совершенствование системы высшего и послевузовского образования, ориентированное(го) на подготовку специалистов сферы наноиндустрии; – Институциональное обновление экономики. 	<ul style="list-style-type: none"> – Низкий уровень коммерциализации разработок; – Отсутствие системы прикладного использования фундаментальных разработок; – Слабая заинтересованность в развитии наноиндустрии со стороны частного сектора; – Отставание показателей наноиндустрии РФ от аналогичных показателей стран-лидеров (США, Япония, ЕС); – Отсутствие единства подходов к стандартизации, сертификации и контролю качества нанотехнологичных продуктов и производств; – Трансформация квалификационных требований к персоналу; – Необходимость проведения переподготовки части кадрового пула; – Ограничения, связанные с экологией и природоохранными нормами.
Возможности (Opportunities)	Угрозы (Threats)
<ul style="list-style-type: none"> – Совершенствование защиты интересов разработчиков, производителей и потребителей нанопродукции; – Распределение нанотехнологичных производств по обширной территории РФ в соответствии с конкретными производственными требованиями; – Образование наноиндустриальных производств на базе исследовательских институтов; – Повышение взаимодействия между академическим и частным секторами для обеспечения финансирования НИОКР; – Создание центров трансфера технологий; – Создание инновационных наноматериалов и продуктов с улучшенными свойствами; – Повышение уровня жизни населения за счет расширения спектра производства наноиндустриальной продукции; – Перспективы, связанные с высокой рентабельностью нанотехнологичных производств. 	<ul style="list-style-type: none"> – Несовершенство законодательной базы в сфере наноиндустрии; – Децентрализация законодательства в области наноиндустрии по региональному принципу; – Олигополия инвестиционных корпораций, специализирующихся на вложениях в нанотехнологичные производства; – Риски, связанные с наукоёмкостью наноиндустриальных разработок; – Риски, связанные с отсутствием системного планирования и координации разработок НИОКР; – Опасность непредвиденного («случайного») создания неприемлемых с точки зрения социума или экологии нанопродуктов; – Значительные временные затраты «от разработки до внедрения и продаж»; – Риски, связанные с отсутствием рентабельности нанотехнологичных производств.

Литература:

1. Автомонова О.А. Наноиндустрия как ядро инновационного развития глобальной экономики. *Вестник Волгоградского государственного университета. Секция 3: Экономика. Экология*. 2012;1(20):151-155.
2. Данилов С.И. Наноиндустрия: через объединение к самоорганизации. *Инициативы XXI века*. 2013;4:105-106.
3. Арутюнова Г.И. Наноиндустрия – фактор экономического роста? Инновационное развитие науки и образования. Сборник статей Международной научно-практической конференции. В 2 частях. Пенза, 2018. С. 235-238.
4. Лещинская А.Ф., Черникова А.А., Ломоносова Н.В. Проблемы коммерциализации инновационных продуктов в условиях развития наноиндустрии. *Проблемы черной металлургии и материаловедения*. 2015;2:80-87.
5. Inshakov O.V. Inshakova E.I. World market for nanomaterials: structure and trends. *MATEC Web Conf*. 2017;129:02013. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201712902013>
6. Иншакова Е.И. Направления коррекции стратегии развития наноиндустрии в регионах России с учетом негативного влияния внешней среды. *Региональная экономика. Юг России*. 2018;3(21):4-15. <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2018.3.1>

7. Раткин Л.С. «Наноиндустрия 4.0» и стратегические информационные технологии на примере «системного инжиниринга» при разработке суперкомпьютерных вычислительных систем. *Инвестиции в России*. 2017;9(272):45-48.
8. Раткин Л.С. Состояние и перспективы развития наноиндустрии в Российской Федерации. *Наноиндустрия*. 2018;7-8(86):520-524. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2018.11.7-8.520.524>
9. Павлов К.В. Статистическое измерение развития наноэкономики. *Бизнес Информ* (Бизнес информ). 2015;1:111-116. URL: http://nbuv.dov.ua/UJRN/binf_2015_1_18
10. Тронин М.И. Поддержка производства нанопроизводства средствами менеджмента качества. *Вестник науки и образования*. 2018;5(41):52-54.
11. Burello E. Review of (Q)SAR models for regulatory assessment of nanomaterials risks. *NanolImpact*. 2017;8:48-58. <https://doi.org/10.1016/j.impact.2017.07.002>
12. Steinhäuser K.G., Sayre P.G. Reliability of methods and data for regulatory assessment of nanomaterial risks. *NanolImpact*. 2017;7:66-74. <https://doi.org/10.1016/j.impact.2017.06.001>
13. Bergeson L.L., Hutton C.N. FDA's final and draft nanotechnology guidance documents: No big surprises. *Nanotechnology Law & Business*. 2015;12(1):54-58.
14. Шилов О.В., Ломоносова Н.В. Коммерциализация инновационной технологии производства наногафния. *Цветные металлы*. 2014;5(857):7-10.
15. Frolov D.P., Popkova E.G., Stratulat I.V., Shulimova A.A. Complex Management of Promising Technologies: A Case Study of Russian Nano-Industry. *Nanotechnology Law & Business*. 2015;12(2):148-160.
16. Наноиндустрия России. Статистический справочник 2011-2018, под ред А.Г. Свиначенко. М., 2018. 48 с. URL: <https://www.rusnano.com/upload/images/infrastructure/Справочник%20Наноиндустрия%20России%202011-2018.pdf>
17. Сидоров С.Г. Подготовка кадров для наноиндустрии в России. *Вестник Волгоградского государственного университета*. 2015;1(30):91-102. <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu3.2015.1.9>
18. Рогова В.А. Кадровые проблемы развития высоких технологий в России в зеркале глобального индекса инноваций. *Российский технологический журнал*. 2018;6(4):105-116. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2018-6-4-105-116>

References:

1. Avtonomova O.A. Nanoindustry as a core of the global economy innovation-based development. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Sektsiya 3: Ekonomika. Ekologiya = Science Journal of VolSU. Global Economic System*. 2012;1(20):151-155 (in Russ.).
2. Danilov S.I. Nanoindustry: through union to self-organization. *Iniitsiativy XXI veka = Initiatives of the XXI century*. 2013;4:105-106 (in Russ.).
3. Arutyunova G.I. Is nanoindustry a factor of the economic growth? In: Innovative development of the science and education. *Collected papers of the International scientific conference. In 2 v. Penza*; 2018. P. 235-238 (in Russ.)
4. Leshchinskaya A.F., Chernikova A.A., Lomonosova N.V. Problems of commercialization of innovative products under conditions of nanotechnology development. *Problemy chernoii metallurgii i materialovedeniya = Problems of ferrous metallurgy and material science*. 2015;2:80-87 (in Russ.).
5. Inshakov O.V. Inshakova E.I. World market for nanomaterials: structure and trends. *MATEC Web Conf*. 2017;129:02013. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201712902013>
6. Inshakova E.I. Directions of correction of the strategy of nanoindustry development in the regions of Russia under the negative impact of the external environment. *Regional'naya ekonomika. Yug Rossii = Regional Economy. South of Russia*. 2018;3:4-15 (in Russ.). <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2018.3.1>
7. Ratkin L.S. "Nanoindustry 4.0" and strategic informational technologies on the example of "system engineering" for the development of the supercomputing calculating systems. *Investitsii v Rossii = Investments in Russia*. 2017;9(272):45-48 (in Russ.).
8. Ratkin L.S. The state and prospects of development of nanoindustry in the Russian Federation. *Nanoindustriya = Nanoindustry*. 2018;7-8(86):520-524 (in Russ.). <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2018.11.7-8.520.524>
9. Pavlov K.V. Statistical measuring of the nanoeconomics development. *Бизнес Информ = Business inform*. 2015;1:111-116 (in Russ.) URL: http://nbuv.dov.ua/UJRN/binf_2015_1_18
10. Tronin M.I. Support of production of nanoproduction by means of quality management. *Vestnik nauki i obrazovaniya = Bulletin of science and education*. 2018;5(41):52-54 (in Russ.).
11. Burello E. Review of (Q)SAR models for regulatory assessment of nanomaterials risks. *NanolImpact*. 2017;8:48-58. <https://doi.org/10.1016/j.impact.2017.07.002>
12. Steinhäuser K.G., Sayre P.G. Reliability of methods and data for regulatory assessment of nanomaterial risks. *NanolImpact*. 2017;7:66-74. <https://doi.org/10.1016/j.impact.2017.06.001>
13. Bergeson L.L., Hutton C.N. FDA's final and draft nanotechnology guidance documents: No big surprises. *Nanotechnology Law and Business*. 2015;12(1):54-58.
14. Shilov O.V., Lomonosova N.V. Commercial of innovative technology of nanogaftium production. *Tsvetnye metally = Non-ferrous metals*. 2014;5(857):7-10 (in Russ.).

15. Frolov D.P., Popkova E.G., Stratulat I.V., Shulimova A.A. Complex Management of Promising Technologies: A Case Study of Russian Nano-Industry. *Nanotechnology Law & Business*. 2015;12(2):148-160.
16. *Nanoindustriya Rossii. Statisticheskii spravochnik 2011-2018* (Nanoindustry of Russia. Statistical handbook 2011-2018), A.G. Svinarenko (Ed). Moscow; 2018. 48 p. (in Russ.). URL: <https://www.rusnano.com/upload/images/infrastructure/Справочник%20Наноиндустрия%20России%202011-2018.pdf>
17. Sidorov S.G. Education of the personnel for nanoindustry in Russian Federation. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika = J. VolgSU. Economics*. 2015;30(1):91-102 (in Russ.). <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu3.2015.1.9>
18. Rogova V.A. Problem of staffing for development of high technologies in Russia in the mirror of the global innovation index. *Rossiiskii tekhnogicheskii zhurnal = Russian Technological Journal*. 2018;6(4):105-116 (in Russ.). <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2018-6-4-105-116>

Об авторах

Ломоносова Наталья Владимировна, кандидат педагогических наук, заместитель начальника отдела образовательных информационных технологий, ассистент кафедры экономики Института экономики и управления промышленными предприятиями Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» (119049, Россия, Москва, Ленинский пр-т, д. 4). <https://orcid.org/0000-0002-0225-2880>, Scopus Author ID: 56227083200. lomonosova.nv@misis.ru, natvl@list.ru

Петрусевич Денис Андреевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры Высшей математики Института кибернетики ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 78), <https://orcid.org/0000-0001-5325-6198>, Scopus Author ID: 55900513600, Web of Science ResearcherID: AAA-6661-2020. petrusevich@mirea.ru, petrdenis@mail.ru

About the authors

Natalia V. Lomonosova, Cand. Sci. (Pedagogical Sciences), Deputy Head of the Department of Educational Information Technologies, of National University of Science and Technology “MISIS”, assistant professor of the Department of Economics, National University of Science and Technology “MISIS” (4, Leninskiy pr. Moscow, 119049, Russia). ORCID:0000-0002-0225-2880, Scopus Author ID: 56227083200. lomonosova.nv@misis.ru, natvl@list.ru

Denis A. Petrusevich, Cand. Sci. (Physics and Mathematics), Associate Professor of the Higher Mathematics Department, Institute of Cybernetics, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo pr., Moscow, 119454, Russia), <https://orcid.org/0000-0001-5325-6198>, Scopus Author ID: 55900513600, Web of Science ResearcherID: AAA-6661-2020. petrusevich@mirea.ru, petrdenis@mail.ru