

**Б.В. ГУСЕВ, В.Р. ФАЛИКМАН, Ш. ЛАЙСТНЕР и др. Отраслевое технологическое исследование...**

УДК 69

**ГУСЕВ Борис Владимирович**, президент Российской инженерной академии (РИА), сопредседатель Высшего инженерного совета России, член-корреспондент РАН, д-р техн. наук, проф.;

**ФАЛИКМАН Вячеслав Рувимович**, действительный член РИА, национальный делегат РИЛЕМ в Российской Федерации, член Бюро РИЛЕМ, первый зам. председателя ТК 465 «Строительство» Росстандарта, профессор МГСУ;

**Д-р Штеффен ЛАЙСТНЕР**, партнер Booz & Company, руководитель представительства компании в России и СНГ, PhD (Горная академия, Фрайберг, Германия), магистр делового администрирования (Гарвардская Школа бизнеса, США);

**Бенни ЙОШПА**, руководитель проектов московского офиса Booz & Company, стратегический консультант, технологический эксперт, руководитель программы по разработке новейших технологий, магистр по информационным технологиям (Технион, Израиль), магистр делового администрирования (бизнес-школа INSEAD, Франция/Сингапур);

**ПЕТУШКОВ Александр Владимирович**, инженер, советник управляющего директора ОАО «РОСНАНО»

**GUSEV Boris Vladimirovich**, President of Russian Engineering Academy (REA), Co-chair of the High Engineering Council of Russian Federation, Associate Member of RAS, Doctor of Engineering, Professor;

**FALIKMAN Vyacheslav Ruvimovich**, Full member of REA, RILEM National Delegate in Russian Federation, Member of RILEM Bureau, First Deputy Chair of TC 465 «Construction» of Rosstandart, Professor of MSUCE;

**Dr.-Ing. Steffen LEISTNER** is a Partner with Booz & Company, and leads its business Russia and the CIS, has 20 years' experience in consulting with Booz & Company focusing on the telecommunications and high tech industries. Dr Leistner holds a PhD in engineering from University Bergakademie Freiberg in Germany, and an MBA from Harvard Graduate School of Business Administration in the USA;

**Benny YOSHPA** is a Senior Associate from Booz & Company's Moscow office, has above 10 years of experience in various areas of high tech industries as a strategy consultant, a technology expert and a manager of emerging technology development program. Benny holds MSc in Computer Sciences from Technion (Israel) and MBA from INSEAD (France/Singapore);

**PETUSHKOV Alexander Vladimirovich**, Engineer, Advisor of the Managing Director of RUSNANO

---

## ОТРАСЛЕВОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ «РАЗВИТИЕ РОССИЙСКОГО РЫНКА НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ ДО 2020 ГОДА».

### ЧАСТЬ 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ПОДХОД К РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

## INDUSTRIAL TECHNOLOGICAL RESEARCH «DEVELOPMENT OF RUSSIAN MARKET OF NANOTECHNOLOGICAL PRODUCTS IN CONSTRUCTION UNTIL 2020».

### PART 1. A STATEMENT OF THE TASK AND AN APPROACH TO REALIZE THE PROJECT

---

Публикуются отдельные результаты отраслевого исследования «Развитие российского рынка нанотехнологических продуктов в строительной отрасли до 2020 года». Авторы приглашают всех заинтересованных специалистов и профильные организации к широкому общественному обсуждению.

Some results of the industrial research «Development of Russian market of nanotechnological products in construction until 2020» have been published. Authors invite all interested specialists and specialized organization to take part in the broad public discussion.

**Ключевые слова:** нанотехнологии, наноматериалы, строительство, нанотехнологическая продукция, рынок, nanoиндустрия, дорожные карты.

**Key words:** nanotechnologies, nanomaterials, construction, nanotechnological products, market, nanoindustry, road maps.

**П**ромышленность строительных материалов и строительство, несмотря на их определенно консервативный характер, вынуждены все чаще сталкиваться с нанотехнологиями, которые называют «индустриальной революцией XXI века». Новые закономерности, новые методы испытаний и исследований создают значительный потенциал для создания высокотехнологичных продуктов и процессов, отличающихся гарантированными показателями надежности, развивают принципы получения современных «суперматериалов» – наноматериалов [1, 2].

Свидетельством этому являются большие национальные проекты по развитию наноматериалов и нанотехнологий в строительстве, реализуемые в Европейском сообществе, США, Канаде, Австралии, Японии, Китае и ряде других стран. Многие международные профессиональные организации создали рабочие комитеты, комиссии и группы, активно работающие в этой сфере. Один из таких комитетов – TC 197-NCM – был создан, например, Международным союзом экспертов и лабораторий в области строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ). Большой объем работ предусмотрен планами Технического комитета «Нанотехнологии в бетоне» ACI 236D Американского института бетона.

Присутствие в строительном сегменте наноматериалов и нанотехнологий становится все более заметным. Сегодня в совокупном мировом рынке нанопродукции, и по объемам, и в денежном выражении, строительство «потребляет» до 3% общего рынка наноматериалов, а в отдельных сегментах, например, нанокompозитах – до 11%, что, с учетом «добавленной стоимости» в изделиях, конструкциях, зданиях и соору-

жениях, приводит к возможному объему продаж нанотоваров и наноуслуг на уровне примерно в 95–100 млрд долларов. По нашему прогнозу, основанному на данных аналитических агентств [3, 4], к 2015 году объем этого рынка может возрасти до 400 млрд долларов.

Строительная отрасль по своей природе заметно отличается от иных областей человеческой деятельности. Она чаще, чем иные отрасли, пытается в большей степени использовать разработки и изобретения, созданные в других отраслях науки и промышленности, чем создавать их внутри себя. Частично это обусловлено специфическими характеристиками ее «продукта» – зданий и сооружений – поскольку помимо очень высокой комплексности, он, этот продукт, рассчитан на весьма продолжительный жизненный цикл, в отличие, например, от микроэлектроники, информационных технологий или даже автомобильной промышленности, где обновление происходит значительно быстрее. Исторически строительство отличает и очень низкий уровень инвестиций в научно-исследовательские работы (не более 0,2–0,4% объема продаж при среднем уровне 3,5–4,5% для экономики, в целом), что не только затрудняет создание новых технических решений, но и адаптацию уже существующих. И, наконец, очень высокий уровень начальных инвестиций, несомненно, сдерживает развитие наноматериалов и нанотехнологий в строительстве, особенно, если принять во внимание, что в этом секторе представлен, в основном, мелкий и средний бизнес. Так, например, только 4% строительного рынка «интернациональны», и работа большинства его участников носит весьма локальный характер.

Все это предопределяет желание максимально сократить инновационный цикл и немедленно получить конкретный результат – новый материал, новую технологию, новое решение, связанное с обеспечением безопасности и охраной окружающей среды.

**Концепция развития в Российской Федерации работ в области нанотехнологий** определила нанотехнологии как совокупность методов и приёмов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, которые включают компоненты с размерами менее 100 нм, хотя бы в одном измерении, и в результате этого получившие принципиально новые качества, позволяющие осуществить их интеграцию в полноценно функционирующие системы большого масштаба. В более широком смысле этот термин – нанотех-

нологии – охватывает также методы диагностики, методологии оценки технических характеристик и исследований таких объектов.

При этом под термином «*нанотехнологическая продукция*» подразумевают промышленную и потребительскую продукцию, созданную с использованием наноматериалов/нанотехнологий.

Как правило, выделяют три группы нанотехнологической продукции:

- первичная нанотехнологическая продукция – продукция (нанобъекты, наносистемы, особо чистые вещества), созданная непосредственно с применением нанотехнологий, включая базовое сырье и полуфабрикаты для наноиндустрии (в частности, нанопорошки и наноматериалы);
- наносодержащая продукция – продукция (товары), содержащая нанотехнологические компоненты (нанобъекты, наносистемы и особо чистые вещества), в том числе произведенная с использованием первичной нанотехнологической продукции;
- нанотехнологические работы и услуги – работы и услуги, проведение (оказание) которых осуществляется с использованием нанотехнологий или технологий применения первичной нанотехнологической и (или) содержащей нанопродукцию.

Таким образом, *первичным нанопродуктом* являются собственно наноматериалы, которые составляют ядро нанорынка. Они используются в производстве товаров конечного потребления, которые, в свою очередь, являются *вторичными нанопродуктами*.

При оценке объемов рынка вторичных нанопродуктов важно располагать данными о количестве и объемах используемых наноматериалов, т.е. первичных нанопродуктов, что позволяет оценить реальные объемы рынка и устранить эффект многократного счета продаж.

В 2011 году Правительство РФ своим Распоряжением от 07.07.2011 № 1192-р «Об утверждении категорий продукции наноиндустрии в части товаров и услуг» определило критерии нанотоваров и наноуслуг [5]. Это сделано для создания системы государственного статистического наблюдения за производством и реализацией продукции наноиндустрии.

Согласно подписанному 7 июля распоряжению, товары и услуги наноиндустрии делятся на четыре категории: «А», «Б», «В» и «Г».

Продукция наноиндустрии категории «А» (первичная нанотехнологическая продукция) – товары, представляющие собой наноконпо-

ненты (нанообъекты и наносистемы), в том числе используемые как сырье и полуфабрикаты для производства продукции наноиндустрии категорий «Б», «В» и «Г».

Продукция относится к категории «А», если она соответствует одному из следующих критериев:

- содержит составляющие компоненты, которые определяют ее функциональные свойства и характеристики и размер которых хотя бы в одном измерении находится в пределах от 1 до 100 нм (для продукции нанобиотехнологий верхний предел определяется размером белков, ДНК, биологических молекул и иных органических соединений);
- продукция произведена путем манипулирования отдельными атомами, молекулами.

Продукция категории «Б» – это товары, содержащие нанокomпоненты (продукцию категории «А»). Товары можно считать нанотоварами категории «Б», если нанокomпоненты придают им «новые, принципиально важные функциональные свойства и обеспечивают существенное улучшение характеристик».

Продукция наноиндустрии категории «В» – это товары или услуги, не содержащие нанокomпоненты, но при производстве (оказании) которых используются нанотехнологии или нанокomпоненты (продукция категории «А»). К категории «В» продукция относится только в том случае, если использование нанотехнологий при производстве товаров и оказании таких услуг обеспечивает существенное улучшение характеристик.

К категории «Г» относится оборудование, необходимое для производства и контроля нанопродукции. Такая продукция должна соответствовать одному из двух критериев: обеспечивать качество измерения или контроля характеристик нанокomпонентов, недостижимое иными методами, или «возможность контролируемого манипулирования отдельными атомами и молекулами, в том числе при производстве продукции наноиндустрии категорий «А», «Б» и «В».

Распоряжение Правительства определяет общую идеологию отношения товаров и услуг к нанотехнологической продукции. Критерии определения нанопродукции должны получить дальнейшее развитие в локальных нормативных актах ведомств и заинтересованных участников рынка.

С 2011 года Росстат должен наладить систему учета наноиндустрии. В январе–сентябре 2010 года уже было проведено пилотное исследование по 115 компаниям в этой сфере. Результаты исследования показали, что в общем объеме отгруженной продукции на продукцию, связанную с нанотехнологиями, пришлось лишь 0,3%, а, например, в сфере производства машин и оборудования еще меньше – 0,1%, в сфере производства транспортных средств и оборудования – 0,001%.

В России развитием наноиндустрии занимается ОАО «Роснано», которое инвестирует отобранные проекты с потенциалом коммерциализации, как правило, на правах миноритарного партнера. Целевая задача Роснано – в 2015 году вывести отрасль наноиндустрии в стране на объем продаж не менее 900 млрд рублей, что сопоставимо с общей выручкой крупнейших сырьевых компаний. Такой объем позволит России увеличить свою долю на мировом рынке наноиндустрии с 0,07% до 3%.

В нанотехнологическом кластере «Материалы», к которому относится и сегмент «Строительные материалы», в России сегодня занято 45 производящих компаний, созданных при участии или при патронаже ОАО «РОСНАНО», задействовано 36 научно-исследовательских институтов и центров, образовательные стандарты поддерживают 12 ВУЗов.

Российский рынок наноматериалов и нанотехнологий в строительстве имеет ряд специфических особенностей. Так, например, несмотря на то, что мировой рынок нанотехнологичных строительных материалов оценивается в 12 млрд долл., спрос на них в России практически отсутствует. Основной причиной такого низкого спроса является ряд серьезных экономических и регуляторных барьеров.

В настоящее время ОАО «РОСНАНО» реализует несколько крупных проектов в строительной сфере [6]. На стадии промышленного производства – нетканые материалы из негорючего ПЭТ-волокна, модифицированного по технологии крейзинга; наноструктурированный гидроксид магния (антипирен); наноматериалы на основе крупнотоннажных полимеров и слоистых алюмосиликатных наполнителей; композиционный материал «Унирем» на основе резинового порошка в качестве модификатора асфальтобетонных смесей и битумов для дорожных покрытий; высококачественные препреги из углеродных и минеральных волокон на основе наномодифицированных и нанонаполненных полиамидных и эпоксидных связующих; композитная неметаллическая арматура; наноструктурированные мембраны и разделительные модули для очистки



**Б.В. ГУСЕВ, В.Р. ФАЛИКМАН, Ш. ЛАЙСТНЕР и др. Отраслевое технологическое исследование...**

воды в социальной сфере и промышленности;солнечные модули на базе технологии «тонких пленок» Oerlikon. Кроме того, на стадии строительства и подготовки производства находятся проекты по выпуску наномодифицированного флоат-стекла и материалов из пеностекла.

В активной проработке на уровне «старт-апов» и трансфера технологий еще несколько интересных проектов: современные технологии обработки поверхностей конструкций методами газотермического напыления и наплавки покрытий из наноструктурированных материалов; высокофункциональные стекла: фотохромные, энергосберегающие, антибактериальные и др.; полимерные композиты с наполнителями из наночастиц и нанотрубок, обладающие повышенной прочностью и низкой воспламеняемостью; фотокаталитические отделочные материалы (цементные краски, штукатурки); изделия из базальта, и, несомненно, широкая гамма модифицированных бетонов с уникальными свойствами [7].



**Рис. 1. Нанотехнологии в строительстве и архитектуре [8]**

На форуме RUSNANOTECH был представлен проект «Нанодом», проиллюстрировавший те нанотехнологические решения, которые можно будет использовать в современном строительстве. Среди них – уже упомянутые высокотехнологичные негорючие материалы; низкоэмиссионные стекла, которые обладают способностью удерживать тепло; материалы для солнечных и геотермальных источников энергии; светодиодные системы освещения; фотокаталитические системы очистки воздуха, разлагающие любую органику до воды и углекислого газа; интеллектуальные системы, управляющие энергопотреблением, освещением и другими процессами, происходящими в доме; современные краски и материалы, обладающие бактерицидными свойствами, которые будут незаменимы при строительстве детских и медицинских учреждений.

Расширяя свою активность в строительном секторе, ОАО «Роснано» провело конкурс на выполнение отраслевого технологического исследования «Развитие рынка строительной нанотехнологической продукции в России до 2020 года». Этот проект был реализован в 2012 году консалтинговой компанией «Booz & Company» (США) и Российской инженерной академией.

У проекта было несколько **ключевых целей**:

- определить перспективные нанотехнологические строительные материалы в наиболее динамично развивающихся областях производства;
- определить первоочередные шаги по формированию в отрасли благоприятной среды для производства и использования нанотехнологической продукции;
- создать вспомогательный инструмент для системного поиска перспективных проектов в области производства нанотехнологических строительных материалов и нанотехнологических решений в строительстве;
- создать вспомогательный инструмент для государственных регулирующих органов для учета при формировании политики по стимулированию развития строительного сектора и отдельных отраслей производства.

Кроме того, по результатам этого исследования у проектных и строительных компаний должна появиться хорошая основа для обоснованного выбора наиболее эффективной строительной нанопродукции, отвечающей современным требованиям по энергоэффективности, без-



опасности, экологичности, долговечности, экономической эффективности.

*Конечными пользователями* технологического исследования должны стать ОАО «РОСНАНО», строительные компании, производители строительных материалов, проектные организации, государственные регулирующие органы, инвесторы, исследовательские институты.

В ходе работы, в которой были задействованы ведущие эксперты, специалисты научно-исследовательских, проектно-конструкторских и технологических организаций отрасли, предприятия, выпускающие и поставляющие на рынок нанотехнологическую продукцию, ВУЗы, ведущие подготовку специалистов, профильные общественные союзы и ассоциации, был выполнен обзорный анализ существующих аналогичных аналитических исследований в разных странах, определены общие тенденции строительного рынка в области строительных материалов и их применения, обозначены основные «игроки» на мировом рынке и основные нанотехнологические центры в области строительства, проанализированы важнейшие направления новых разработок.

На основании проведенного анализа исполнителями осуществлен обоснованный выбор 5–7 ключевых сегментов строительных материалов, производимых с использованием нанотехнологий (далее – инновационные материалы), и уточнена текущая ситуация по выбранным сегментам в мировой строительной индустрии с описанием наиболее успешно применяемых технологий.

Особое внимание в отчете уделено оценке основных проблем, возникающих при продвижении нанопродукции от этапа НИОКР до этапа ее использования конечными потребителями, действующей нормативно-правовой базе, регулирующей применение инновационных строительных материалов, приведены примеры положительного и отрицательного влияния государственного нормативного регулирования в области производства и внедрения инновационной строительной продукции.

Технологическое исследование определило основных игроков на международном рынке инновационных материалов и технологий, важнейшие направления новых разработок (основные исследовательские группы, производители, инновационные строительные компании).

Основная часть работы – анализ и прогноз возможного развития рынка Российской Федерации для выбранных сегментов в качественных и количественных показателях, новых материалов и технологий,

перспективных для внедрения в РФ, с описанием направлений их применения (временные горизонты прогноза – 2015, 2020 и 2025 год). Одновременно выполнен SWOT-анализ эффективности применения инновационных материалов в выбранных сегментах по техническим и экономическим показателям (в сопоставлении с традиционно используемыми).

Крайне важным, с точки зрения разработчиков, было выявление существующих в России экономических, законодательных и иных барьеров по продвижению инновационных материалов на рынке, а также драйверов и стимулирующих факторов рынка инновационных материалов. Наконец, результатом работы стали «Дорожные карты» применения наноматериалов и нанотехнологий в строительстве по 6 сегментам (цемент и бетон; древесина и деревообработка; композиты; краски и покрытия; стекло; термоизоляция) и строительным материалам, в целом; план действий для усиления «дорожных карт»; рекомендации по 14 перспективным проектам, а также общие подходы к преодолению барьеров и созданию благоприятной среды для развития наноматериалов и нанотехнологий в строительстве.

Все это, как нам представляется, позволит определить краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные перспективы, а также наметить конкретные пути широкого использования последних достижений для повышения качества строительства, обеспечения долговечности и надежности зданий и сооружений, охраны окружающей среды и снижения общих издержек.

Развитие nanoиндустрии в строительном секторе экономики России должно стать мощным инструментом интеграции ее задержавшегося в развитии технологического комплекса в международный рынок высоких технологий, надежным обеспечением конкурентоспособности отечественной наукоемкой продукции, что позволит России восстановить и поддерживать паритет с ведущими государствами в ряде ключевых областей науки и техники, ресурсо- и энергосбережении, в создании экологически адаптированных производств, в повышении качества и уровня жизни населения, а также обеспечении необходимого уровня безопасности государства.

**Библиографический список:**

1. Гусев Б.В. Развитие нанонауки и нанотехнологий // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 4. С. 45–46.
2. Фаликман В.Р. Об использовании нанотехнологий и наноматериалов в строительстве // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2009. № 1. С. 24–34.  
URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (дата обращения: 10.02.2011).
3. *Breadley J.* The Recession's Ripple Effect on Nanotech. State of the Market Report. Lux Research Inc. 2009. June.
4. Nanotechnology in Construction to 2011. Industry Study: Freedonia. 2007. 174 pp.
5. Собрание законодательства РФ. 18.07.2011. № 29. Ст. 4525.
6. *Falikman V.R., Petushkov A.V.* Development of Russian Market of Nanotechnology Construction Products till 2020 // Nanotechnology in Construction: 4th International Symposium. Agios Nicolaos. Crete: Greece. 2012. May 20–22. 120 p. CD. p. 112.
7. Фаликман В.Р., Соболев К.Г. «Простор за пределом», или как нанотехнологии могут изменить мир бетона // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2010. № 6. С. 17–31 / 2011. № 1. С. 21–33. Гос. регистр. № 0421100108. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (дата обращения: 10.02.2011).
8. Hessian Ministry of Economics, Transport, Urban and Regional Development. Einsatz von Nanotechnologien in Architektur und Bauwesen. 2007. Source: Schrag GmbH VDI TZ.

**References:**

1. *Gusev B.V.* Development of nano-science and nano-technologies // Industrial and Civil Engineering. 2007. № 4. P. 45–46.
2. *Falikman V.R.* About the use of nano-technologies and nano-materials in construction // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet Journal. Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2009. № 1. P. 24–34. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (date of access: 10.02.2011).
3. *Breadley J.* The Recession’s Ripple Effect on Nanotech. State of the Market Report. Lux Research Inc. 2009. June.
4. Nanotechnology in Construction to 2011. Industry Study: Freedonia. 2007. 174 pp.
5. Code of Laws of Russian Federation. 18.07.2011. № 29. Pt. 4525.
6. *Falikman V.R., Petushkov A.V.* Development of Russian Market of Nanotechnology Construction Products till 2020 // Nanotechnology in Construction: 4th International Symposium. Agios Nicolaos. Crete: Greece. 2012. May 20–22. 120 p. CD. p. 112.
7. *Falikman V.R., Sobolev C.G.* «There’s plenty of room at the bottom», or how nano-technologies can change the world of concrete // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet Journal. Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2010. № 6. P. 17–31 / 2011. № 1. P. 21–33. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (date of access: 10.02.2011).
8. Hessian Ministry of Economics, Transport, Urban and Regional Development. Einsatz von Nanotechnologien in Architektur und Bauwesen. 2007. Source: Schrag GmbH VDI TZ.