

**Ковалёв Анатолий Иванович**

Anatoly Kovalev

ФГБОУ ВПО Государственный университет управления

"State University of Management"

Профессор кафедры маркетинга

Professor of Marketing

Кандидат экономических наук/Доцент

E-Mail: ai\_kovalev@mail.ru

08.00.00. Экономические науки. Экономика и менеджмент

## **Становление нанонауки отдельной отраслью знаний**

### **The formation of nanoscience as separate branch of knowledge**

**Аннотация:** В статье дан анализ исторических, научных, научно-технических и организационно-экономических предпосылок развития нанотехнологий и проводится исследование этапов и тенденций развития нанонауки как отдельной отрасли знаний. Представлены четыре этапа развития науки о наномире и их временные границы, которые по мнению автора, можно выделить при исследовании процесса развития нанонауки. Цель работы заключается в исследовании процесса развития нанотехнологий как отрасли знаний и её значение в современной экономике.

**The Abstract:** This paper analyzes the historical, scientific, technical, organizational and economic prerequisites for the development of nanotechnology and conducted research phases and trends of nanoscience as a separate branch of knowledge. There are four stages of development of the science of the nanoworld and temporal boundaries, which according to the author, can be identified in the study of development of nanoscience. The purpose of the work is to study the process of the development of nanotechnology as a field of knowledge and its importance in the modern economy.

**Ключевые слова:** Нанотехнологии; нанообъекты, нанонаука, технологические предпосылки, организационно-экономические предпосылки развития нанотехнологий, нанорынок, наноиндустрия.

**Keywords:** Nanotechnology, nano-objects, nanoscience, technology background, organizational and economic preconditions for the development of nanotechnology; nanomarket; nanotech.

\*\*\*

Нанотехнологии - область фундаментальной и прикладной науки и техники, имеющая дело с совокупностью теоретического обоснования, практических методов исследования, анализа и синтеза, а также методов производства и применения продуктов с заданной атомарной структурой путём контролируемого манипулирования отдельными атомами и молекулами. Важно то, что манипулирование на таком уровне позволяет управлять свойствами веществ. Нанотехнологии манипулируют материей с размерами в диапазоне от 1 до 100 нм. Вместе с тем нанотехнология включает отображение, измерение, моделирование и получение вещества в указанном диапазоне размеров и обеспечивает новое их применение [3,10].

Процесс познания в любой отрасли знаний можно представить четырьмя этапами:

**1 этап: Накопление знаний и выработка методов научных исследований** - начальная стадия, на которой формируются приемы и методы исследований и идет накопление информации и знаний. На этом же этапе определяются носители и потребители получаемых знаний, с точки зрения маркетинга он характеризует «Нужду в Познании». Особое место для накопления знаний о наном мире занимает развитие приборной базы и создание специального лабораторного оборудования для расширения границ исследования микромира и значительного увеличения накопленной информации и знаний (см. табл.).

**2 этап: Система научных принципов, категорий, законов;** На этом этапе рождается система научных принципов, категорий, законов, рождается «Наука», вырабатываются научные отношения и взаимоотношения. Среди принципов, определяющих современные науки, следует назвать междисциплинарность, системность, синергетичность, эволюционизм и др. В виду этого при рождении «Нанонауки» используются категории и законы всех научных дисциплин, изучающих микромир: химии, физики, квантовой механики, биологии и др.

**3 этап: Система развивающихся знаний;** Данный этап характеризуется бурным развитием все новых и новых отраслей научных знаний, что является непосредственным проявлением принципа системности научных знаний. На этом этапе появляются новые знания в различных сферах применения достижений нанотехнологий, происходит дифференциация «Нанонауки» по областям приложения знаний: микробиология, микроэлектроника, информационные технологии и др.

**4 этап: Высшая форма человеческих знаний;** Этот этап рождает новую парадигму знаний, нарождающуюся смену вектора эволюции науки, от ее дифференциации – к интеграции, т.е. рождается парадигма синтеза научных знаний или конвергенция наук и технологий на базе знаний о наном мире.

В истории нанотехнологий и нанонауки можно выделить следующие основные вехи исследования. В начале всех начал было открытие Дж. Томпсона в 1897 г. отрицательно заряженных частиц в трубке с откачанным воздухом, куда он поместил два электрода. Эта трубка получила всемирно известное название – электронно-лучевая трубка (ЭЛТ). Томпсоном была сделана первая попытка расщепления атомов на его составные части. Обнаружение электронов, имеющих отрицательный заряд и входящих в состав всех химических элементов, стало выдающимся открытием в области исследования наномира.

В 1907 году Эрнест Резерфорд, ученик Дж. Томпсона, развил современную концепцию строения атома, тем самым углубив знания о построении материи и структуре наномира.

Особое значение для дальнейших исследований в области наномира имело развитие лабораторной базы. Так в 1931 г. немецкие физики Макс Кнолл и Эрнст Руска создали электронный микроскоп, который впервые позволил исследовать нанообъекты. С этого времени теоретические основы исследований нанообъектов проходили параллельно с новыми достижениями в области приборостроения. В 1959 г. Ричард Фейнман выступил в Американском Физическом обществе с докладом известным под названием «Гам, внизу, ещё много места», который считается стартовой точкой отсчёта в борьбе за покорение наномира. Далее отметим последующие вехи в исследовании наномира (см. табл.).

**Таблица**

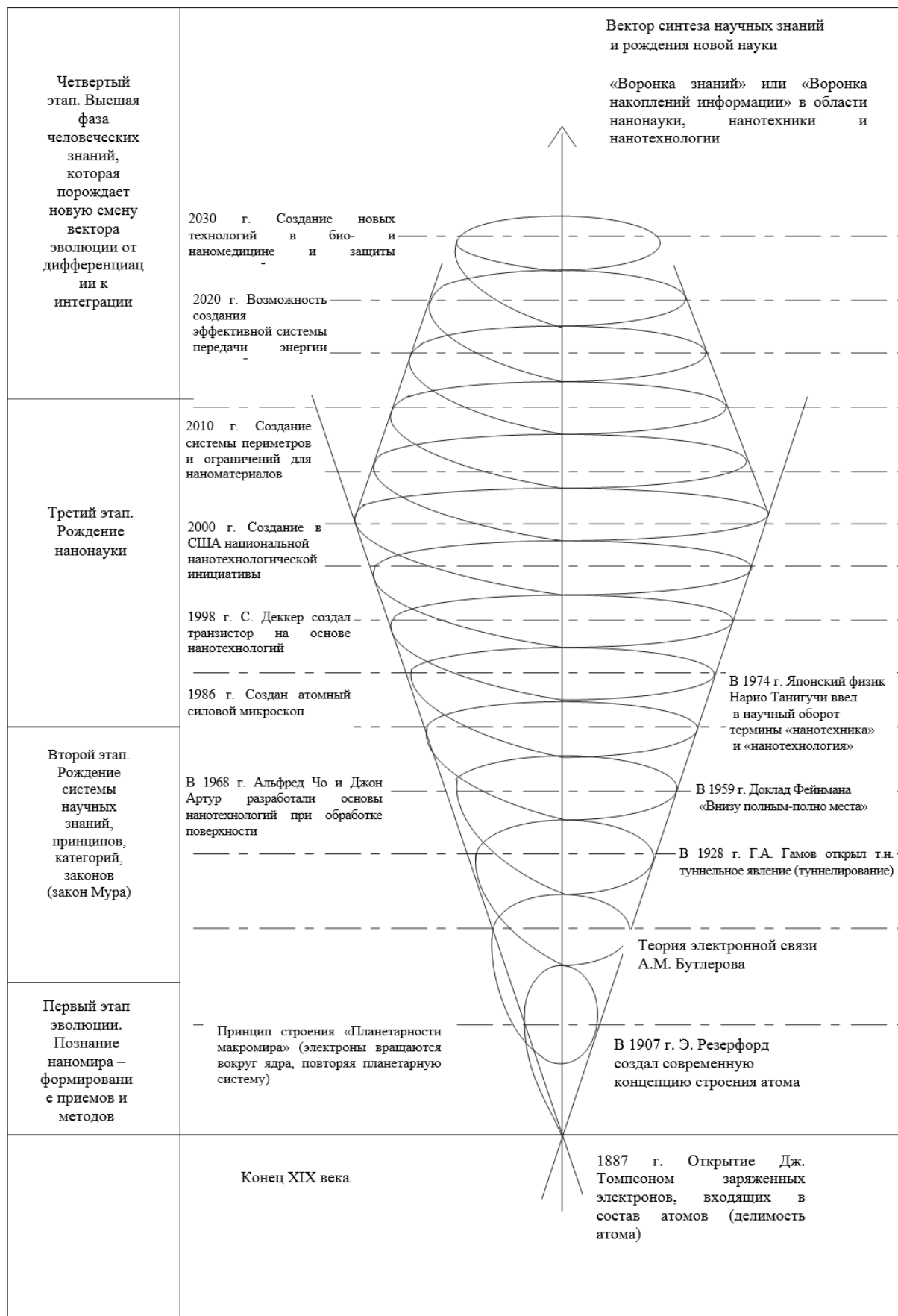
**Основные научно-технические и организационно-экономические предпосылки развития нанотехнологий как ядра современной экономики**  
**Источники: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]**

Научные, теоретические и технологические предпосылки (наука о наномире, нанотехнологии)	Технические предпосылки, способствующие развитию нанонауки и нанотехнологий (развитие приборной базы и лабораторного оборудования)	Организационно-экономические предпосылки становления нанотехнологий отдельной отрасли знаний
<p>1. В начале всех начал. В 1887 г. Дж. Томпсон открыл с помощью электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) наличие отрицательно заряженных электронов, входящих в состав атомов всех химических элементов. Это была попытка разделения атома на его составные части. В 1906 г. Дж. Томпсон получил за это открытие Нобелевскую премию по физике.</p> <p>2. В 1907 г. Э. Резерфорд создал современную концепцию строения атома. В модели атома Э. Резерфорда электроны вращаются вокруг ядра по своим орбитам, повторяя планетарную систему построения вселенной. Таким образом появилась планетарная модель построения микромира, которую в данном исследовании я называю «принцип планетарности строения микромира» или «принцип планетарности строения наномира». В это же время им были открыты протоны и нейтроны как субатомные частицы. В 1908 г. Э. Резерфорд был удостоен</p>	<p>1. Создание в 1897 г. Дж. Томпсоном электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), с помощью которой были сделаны значительные открытия в физике и химии в области познания наномира.</p> <p>2. В 1931 г. немецкие физики Макс Кнолл и Эрнст Руска создали электронный микроскоп, который впервые позволил исследовать нанообъекты. С этого времени теоретические основы исследований нанобъектов проходили параллельно с новыми достижениями в области приборостроения.</p> <p>3. В 1905 г. выдающийся американский инженер-электрик и изобретатель, физик, философ сербского происхождения Никола Тесла выдвинул идею создания специальных приборов, способных проникать в глубины материи до границ наномира и предсказал появление электронного микроскопа.</p> <p>4. 1981 год. Германские физики из Швейцарского отделения IBM Герд Бинниг и Генрих Рорер создали микроскоп, способный</p>	<p>1. 1986 год. Нанотехнология стала известна широкой публике. Американский футуролог Эрик Дрекслер опубликовал книгу, в которой предсказывал, что нанотехнология в скором времени начнет активно развиваться.</p> <p>2. 2000 год. Администрация США поддержала создание Национальной Инициативы в Области Нанотехнологии (NNI). Нанотехнологические исследования получили государственное финансирование. Тогда из федерального бюджета было выделено 500 млн. \$. Это послужило толчком для создания национальных программ по нанотехнологиям во многих промышленно развитых странах.</p> <p>3. 2001 год. Марк Ратнер, автор книги «Нанотехнологии: Введение в Новую Большую Идею», считает, что нанотехнологии стали частью жизни человечества именно в 2001 году. Тогда и произошли два знаковых события: влиятельный научный журнал Science назвал нанотехнологии –</p>

<p>Нобелевской премии по химии.</p> <p>3. В начале XX в. получила развитие теория А.М.Бутлерова о последовательности соединения атомов в молекулы на новой основе так называемой «электронной связи», когда внешние оболочки электронов соединяются с другими электронами атома и получается новая атомарная структура. Появилась возможность конструирования атомарных структур.</p> <p>4. В 1928 г. американский ученый русского происхождения Г.А.Гамов открыл явление, названное «туннельным явлением» (туннелированием), что позволило объединить многие экспериментально наблюдаемые процессы, а впоследствии стать основой для создания туннельного микроскопа.</p> <p>5. В 1959 г. Ричард Фейнман выступил в Американском Физическом обществе с докладом известным под названием «Там, внизу, ещё много места», который считается стартовой точкой отсчёта в борьбе за покорение наномира. В 1965 г. Р.Фейнману присуждена Нобелевская премия за исследования в сфере квантовой электродинамики – сегодня это одна из областей нанонауки.</p> <p>6. 1968 год. Альфред Чо и Джон Артур, сотрудники научного подразделения американской компании</p>	<p>показывать отдельные атомы.</p> <p>5. 1982 год. Разработан растровый туннельный микроскоп.</p> <p>6. 1986 год. Создан атомный силовой микроскоп (АСМ), ставший инструментом по сборке нанообъектов.</p> <p>7. 1989 год. Дональд Эйглер, сотрудник компании IBM, выложил название своей фирмы атомами ксенона.</p> <p>8. 1998 год. Голландский физик Сеез Деккер создал транзистор на основе нанотехнологий.</p> <p>9. 1998 год. Начало серийного производства атомно-силовых микроскопов (АСМ) и их использование в массовом производстве микроэлектроники (плоских дисплеев, телевизоров, мобильных телефонов, компьютеров, цифровых видеодисков DVD и CD и др. субмикронных нанообъектов); в нанооптике (при производстве лазерных зеркал, глазных линз); в приборостроении при производстве наноприборов для измерения в магнитном поле, электрохимических измерений, измерений в жидкости, газовой среде и в вакууме.</p> <p>10. 2003 год. Создание автоматизированных нанопроизводств по выпуску полимеров с непрерывным контролем качества и идентификации наноструктур полимерных материалов.</p>	<p>«прорывом года», а влиятельный бизнес-журнал Forbes – «новой многообещающей идеей».</p> <p>4. 2001 год. Принятие Японским правительством национальной программы «Нанотехнологии и будущее общество, n-Plan21».</p> <p>5. 2001 год. Принятие Советом Европы «Европейская Комиссия» «Первой рамочной программы» развития нанотехнологий в странах ЕС.</p> <p>6. 2007 год. Принятие «Седьмой рамочной программы» развития нанотехнологий в странах ЕС.</p> <p>7. 2004 год. Принятие концепции развития в Российской Федерации работ в области нанотехнологий на период до 2010 года, Министерством образования и науки РФ, одобрена Правительством РФ от 18 ноября 2004 года, № МФ-П7-6194</p> <p>8. 2007 год. Президентская инициатива «Стратегия развития nanoиндустрии» от 24.04.2007 №Пр-688.</p> <p>9. 2007 год: Принят законопроект «О Российской корпорации нанотехнологий» — стратегически значимый шаг, необходимый для перехода российской экономики на инновационный путь развития.</p> <p>10. 2008 год. Принята «Программа развития</p>
--	---	---

<p>Bell, разработали теоретические основы нанотехнологии при обработке поверхностей.</p> <p>7. 1974 год. Японский физик Норио Танигучи ввел в научный оборот термины <b>«нанотехника и нанотехнология»</b>, которым предложил называть механизмы, размером менее 1 микрона, и способы их создания.</p> <p>8. 1985 год. Американские физики Роберт Керл, Хэрольд Крото и Ричард Смолли создали технологию, позволяющую точно измерять предметы, диаметром в один нанометр. Они же открыли существование шарообразной углеродной молекулы – фуллерена.</p> <p>9. 1991 год. Японские исследователи обнаружили углеродные нанотрубки.</p> <p>10. 1999 год. Американские физики Джеймс Тур и Марк Рид определили, что отдельная молекула способна вести себя так же как молекулярные цепочки.</p> <p>11. 2010 год. Открытие британскими учёными А.Геймом и К. Новосёловым (выходцами из России) уникальных свойств графена (двумерной аплотронной модификации углерода) и присуждение им Нобелевской премии.</p>	<p>11. 2005 год. Создание производств по массовому выпуску солнечных батарей на базе наноматериалов.</p> <p>12. 2006 год. Создание производств по массовому выпуску органических светодиодов OLED и производству светильников на их основе.</p> <p>13. 2010 год. Ввод в действие завода по производству монолитного наноструктурного инструмента в г. Рыбинске для авиационной и аэрокосмической промышленности</p>	<p>наноиндустрии в Российской Федерации до 2015 г.»</p> <p>11. 2010 год. Создан многоотраслевой научно-технологический комплекс по разработке и коммерциализации новых технологий «Инновационный Центр «Сколково» (российская «Кремниевая долина».</p> <p>12. 2011 год. Формирование первых пяти нанокластеров в структуре «Инновационного Центра «Сколково», соответствующих пяти направлениям развития нанотехнологий.</p> <p>13. 2011 год. Минобрнауки РФ осуществлен первый в России национальный аналитический проект по исследованию глобального рынка нанопродуктов и нанотехнологий «Маркетинговый анализ рынка нанопродуктов»</p> <p>14. 2013 год. Наметилась тенденция создания в России инновационных производственных нанокластеров по типу «Титановая долина» в Свердловской области. «Аэрокосмический центр» в Московской области и «Фармоцевтика» в Санкт-Петербурге</p>
---	---	---

Исследования теоретических, научных и технологических предпосылок позволило показать процесс возникновения и развития «нанонауки». Под нанонаукой в нашем исследовании следует понимать изучение, создание и модифицирование объектов, которые включают компоненты размерами менее 100 нм хотя бы в одном измерении и в результате получают принципиально новые качества.



**Рис.** Воронка накопления знаний о наномире и этапы развития нанонауки (Модель развития «Нанонауки» профессора Ковалёва А.И.)

Эта отрасль знаний (как следует из табл. и рис.) насчитывает чуть более столетия. Изучение технических предпосылок, способствующих развитию нанонауки позволило показать становление и развитие разработки наноприборов и наноборудования. Вместе данные предпосылки позволяют проследить процесс возникновения и развития нанотехнологий (по Н.Танигучи) – процесс разделения, сборки и изменения свойств материалов путем воздействия на них одним атомом или одной молекулой вещества. Нанотехнологии (по Э.Дрекслеру) – совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие в себя компоненты размером менее 100 нм хотя бы в одном измерении [4, 5, 9].

По данным Центра исследований нанотехнологий в биологии и охране окружающей среды Университета Райс (США) количество статей по нанотехнологиям, опубликованных в период с 1990 г. по 2008 г. увеличилось более чем в 20 тысяч раз, что отражает растущую значимость исследований в нанонауке в современном мире [15].

В соответствии с современной концепцией познания, процесс эволюции можно изобразить в форме возвышающейся спирали, помещенной в воронку знаний, которая отражает все возрастающее количество накопленных знаний в области познания наномира (см. рис.).

Понятие «наука» уже изначально означает «знание», а также способ познания (знание → метод познания → практика, критерий истины) – вот та движущая сила, которая определяет все свойства научных знаний на том или ином этапе эволюции науки. Нанонаука – не исключение и ее эволюция характеризуется также определенными этапами накопления знаний, приводящими к значительным открытиям на том или ином этапе развития познания наномира. Приемы (способы) и методы получения знаний, а также приборная база для проведения научных исследований являются определяющими факторами эволюционного развития любой отрасли научных знаний.

Так, академик Третьяков Ю.Д. считает, что фаянс, украшенный цветной глазурью для придания керамике необычного блеска, есть ни что иное, как первый нанопродукт. Технология изготовления фаянса была разработана гончарами Умбрии (Италия) еще в 15 веке. Она использовала отражающую способность ультрадисперсных частиц (золота, серебра и др. металлов) для придания фаянсу соответствующего блеска золота, серебра и др. Фарфор, изобретенный в Китае в период правления династии Цинь, также является наноструктурой, но это стало возможным установить только в 80-е годы 20 столетия, когда был изобретен сканирующий туннельный микроскоп, т.е. появилась необходимая приборная база [7, с.5].

Проведенное нами исследование эволюции нанонауки позволяет сделать следующие **выводы**: 1) нанонаука прошла первый этап своего развития, на котором формировались приемы и методы исследований. Скорее всего, это составило период с конца 19 века до 1974 года, когда впервые в литературе появилось понятие «нанотехнологии» (с легкой руки Н. Танигучи (Япония)). Вместе с тем, этот период наполнялся содержанием и продлился до 2000 года, когда были изобретены наноприборы и методы, способные вести измерения наноструктур размером от 100 до 1 нм.; 2) с 2000 года по настоящее время формируется система научных принципов, категорий и законов нанонауки, что характеризует второй этап развития познания, т.е. как таковое рождение нанонауки произошло; 3) появились отдельные моменты дифференциации нанонауки на отдельные отраслевые знания: нанoeлектроника, нанобиология, наномедицина и т.д.; 4) четвертого этапа перехода от дифференциации научных знаний о наномире к интеграции нанонауки, по нашему мнению, следует ждать к 2030 г. Тогда можно будет говорить о конвергенции наук и технологий на базе знаний о наномире.

Ценность научных знаний и идеалы науки в целом и «нанонауки» в частности определяются следующими факторами: 1) практической полезностью при производстве материальных благ для всех членов мирового сообщества; 2) значительным повышением интеллектуального и образовательного потенциала всех членов общества; 3) содействием научно-техническому, экономическому и социальному прогрессу общества; 4) ростом адаптивных возможностей человечества во взаимодействии с окружающей средой.

Нанонаука дает принципиально новый фундамент в виде технологий атомно-молекулярного конструирования новых материалов и продуктов с заранее заданными свойствами, необходимыми для использования в различных сферах деятельности человечества. А это открывает возможности для развития всех без исключения отраслей новой наукоёмкой экономики. Поэтому знания о наномире-«нанонауку» надо рассматривать как важнейший системообразующий фактор новой экономики – экономики знаний, а не только и не столько основанной на использовании полезных ископаемых и минеральных ресурсов. В то же время нанонаука позволит найти и использовать высокие технологии для более глубокой переработки имеющихся природных ресурсов в стране и научиться перерабатывать и безопасно утилизировать все производственные и бытовые отходы человеческой цивилизации.

*Статья подготовлена по результатам исследований по теме НИР «Разработка методологии прогнозирования рынка нанопродуктов как фактора развития nanoиндустрии» (ГУУ № 5029-12), выполняемой по государственному заданию Министерства образования и науки РФ.*



## ЛИТЕРАТУРА

1. Азоев Г.Л. Маркетинговый анализ рынка нанопродуктов (Результаты аналитического проекта). Журнал «Маркетинг» №5 (108)/2009. Издательство «Центр маркетинговых исследований и менеджмента» - 2009 г.
2. Алферов Ж.И., Копьев П.С., Сурис Р.А. Нано- и микросистемная техника: от исследований к разработкам. Сб. статей: Монография (под. ред. Мальцева П.П.) М.: Техносфера, 2005 г. – 592 с.
3. Балабанов В.И. Нанотехнологии. Наука будущего. М.: Эксмо, 2009 – 256 с.
4. Ковалёв А.И. Прогноз развития рынка наноиндустрии. В сб. «Материалы 14-й Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы управления – 2009». М.: Изд. ГОУВПО «ГУУ» 2009 г.
5. Ковалёв А.И., Кузнецов А.Е. Проблемы и перспективы развития мирового рынка нанотехнологий. В сб. «Материалы 24-й Всероссийской научной конференции молодых учёных и студентов «Реформы в России и проблемы управления – 2009». М.: Изд. ГОУВПО «ГУУ» 2009 г.
6. Ковалёв А.И., Концептуальные модели прогноза глобального нанорынка и его структура. Журнал «Маркетинг» №3 и №4, 2010 г.
7. Нанотехнологии. Азбука для всех (под ред. академика РАН Третьякова Ю.Д. М.: Изд-во МГУ, 2010 г. – 357 с.
8. Рынок нано: от нанотехнологий – к нанопродуктам// Под ред. проф. Г.Л. Азоева, М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2011-319 с.
9. Форстер Л. Нанотехнологии: наука, инновации и возможности. М.: Техносфера, 2008 г. – 352 с.
10. Хартманн У. Очарование нанотехнологии / У.Хартманн. – М.: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2008 г. – 174 с.
11. Официальный сайт английской исследовательской компании BCC [www.bccresearch.com](http://www.bccresearch.com). (дата обращения 1 апреля 2013г.)
12. Официальный сайт европейской исследовательской компании Cientifica [www.cientifica.eu](http://www.cientifica.eu). (дата обращения 15 декабря 2012г.)
13. Официальный сайт европейской патентной организации (EPO) [www.epo.org](http://www.epo.org).
14. Официальный сайт американской исследовательской компании Lux Research [www.luxresearchinc.com](http://www.luxresearchinc.com). (дата обращения 07 сентября 2012г.)
15. Официальный сайт Национального научного фонда США (NSF) [www.nsf.gov](http://www.nsf.gov).

**Рецензент:** Секерин Владимир Дмитриевич, Заведующий кафедрой «Экономика и организация производства» Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ), д.э.н., профессор.