

Библиографический список

1. Ильенков Э.В. Философия и культура. Мыслители XX века / Э.В. Ильенков. – М.: Политиздат, 1991. – С. 68.

А.И. Ковалёв

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ НАНОНАУКИ¹

Ключевые слова: нанотехнологии; нанообъекты; нанонаука; нанорынок; наноиндустрия, этапы развития нанонауки.

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».

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. Ввиду 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 (см. рис.).

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 атома на его составные части. Обнаружение электронов, имеющих отрицательный заряд и входящих в состав всех химических элемен-

© Ковалёв А.И., 2013

¹ Статья подготовлена по результатам исследований по теме НИР «Разработка методологии прогнозирования рынка нанопродуктов как фактора развития наноиндустрии» (№ 5029-12), выполняемой по государственному заданию Министерства образования и науки РФ.

тов, стало выдающимся открытием в области исследования наномира. В 1906 г. Дж. Томпсон получил за это открытие Нобелевскую премию по физике [1; 2; 8].

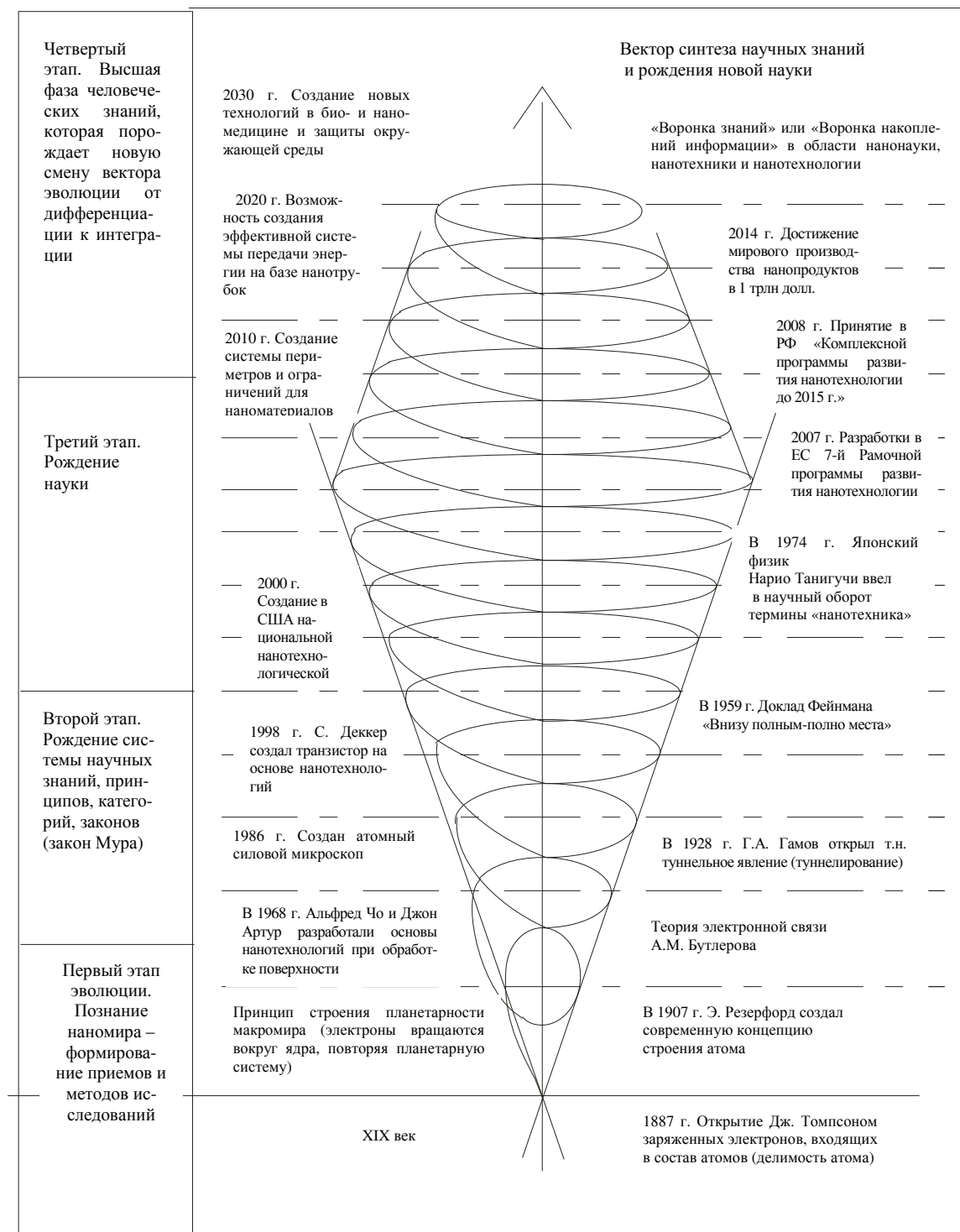


Рис. Воронка накопления знаний о наномире и этапы развития нанонауки

В 1907 г. Эрнест Резерфорд, ученик Дж. Томпсона, разработал современную концепцию строения атома, углубило тем самым знания о построении материи и структуре наномира, за что и получил Нобелевскую премию по химии в 1908 г.

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 «Там, внизу, еще много места», который считается стартовой точкой отсчета в борьбе за покорение наномира [2; 4; 7; 8].

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. Эта отрасль знаний (как следует из рис.) насчитывает чуть более столетия. Изучение технических предпосылок, способствующих развитию нанонауки, позволило показать становление и развитие разработки наноприборов и нанооборудования. 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 [1; 2; 5; 6].

По данным Центра исследований нанотехнологий в биологии и охране окружающей среды Университета Райс (США) количество статей по нанотехнологиям, опубликованных в период с 1990-го по 2008 г., увеличилось более чем в 20 тыс. раз, что отражает растущую значимость исследований в нанонауке в современном мире [12].

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 Ю.Д. Третьяков 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 XV в. Она использовала отражающую способность ультрадисперсных частиц (золота, серебра и др. ме-

таллов) 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 гг. XX ст., когда был изобретен сканирующий туннельный микроскоп, т.е. появилась необходимая приборная база [5].

Проведенное нами исследование эволюции нанонауки позволяет сделать следующие выводы:

1) она прошла первый этап своего развития, на котором формировались приемы и методы исследований. Скорее всего, это составило период с конца XIX в. до 1974 г., когда впервые в литературе появилось понятие «нанотехнологии» (с легкой руки Н. Танигучи (Япония)). Вместе с тем этот период наполнялся содержанием и продлился до 2000 г., когда были изобретены наноприборы и методы, способные вести измерения наноструктур размером от 100 до 1 нм.;

2) с 2000 г. 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:

- практической полезностью при производстве материальных благ для всех членов мирового сообщества;
- значительным повышением интеллектуального и образовательного потенциала всех членов общества;
- содействием научно-техническому, экономическому и социальному прогрессу общества;
- 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 наукоемкой экономики. Поэтому знания о наномире – нанонауку надо рассматривать как важнейший системообразующий фактор новой экономики – экономики знаний, а не только и не столько 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.

Переходу российской экономики на инновационный вариант развития препятствует и ряд других факторов. Это, в частности, низкая (10–14 %) инвестиционно-инновационная ак-

тивность предпринимательского сектора (даже в условиях планово-директивной экономики этот показатель приближался к 50 %, а в развитых странах он превышает 70 %).

Начало XXI в. ознаменовалось развитием важнейших научных и творческих потенциалов исследователей, что привело к значительным научным открытиям, а также усиленным вниманием со стороны правительств различных стран к проблемам развития нанотехнологий в различных областях nanoиндустрии. Как указывается в статье автор в журнале «Маркетинг» № 3: «Ни одна инновационная технологическая парадигма предыдущих пяти длинных волн развития мировой экономики не привлекала столь пристального внимания со стороны правительства государств и не финансировалась ими столь щедро ранее как вновь нарождающаяся нанотехнологическая парадигма [4, с. 9].

Главным признаком, позволяющим отнести наноматериалы к наносфере, является их размер по двум или трем измерениям объектов в нанодиапазоне от 1 до 100 нанометров. Помимо основных наноматериалов (нановолокон, наностержней, нанотрубок и наночастиц), выделяют категорию производных наноматериалов, представляющих собой сложные структуры, сформированные из основных наноматериалов. К представителям производных наноматериалов можно отнести нанокерамику, получаемую прессованием и спеканием первичных наночастиц, например сложных оксидов металлов. В данном случае в состав нанокерамики, кроме кристаллической наноразмерной фазы, входит аморфная (стеклообразная) связующая компонента. Другим примером производных наноматериалов могут служить наноккомпозиты, состоящие из первичных наночастиц, наностержней, нановолокон и (или) нанотрубок, соединенных между собой полимерной связкой. Это придает вторичному (производному) наноматериалу новые полезные свойства: усиливает прочность этого материала, улучшает гибкость, термостойкость, тепло- и электропроводность и т.д. [2; 4; 5; 6].

Нанотехноэкономическая парадигма в ближайшем будущем обеспечит быстрый рост новых отраслей промышленности и сферы услуг. Она является потенциалом для модернизации и усовершенствования практически всех отраслей экономики [3; 4, с. 9].

В машиностроении – увеличение ресурса режущих и обрабатывающих инструментов с помощью специальных покрытий и эмульсий, широкое внедрение нанотехнологических разработок в модернизацию парка высокоточных и прецизионных станков. Созданные с использованием нанотехнологий методы измерений и позиционирования обеспечат адаптивное управление режущим инструментом на основе оптических измерений обрабатываемой поверхности детали и обрабатывающей поверхности инструмента непосредственно в ходе технологического процесса.

В двигателестроении и автомобильной промышленности – за счет применения новых материалов более точной обработки и восстановления поверхностей можно добиться значительного (до 1,5–4 раз) увеличения ресурса работы автотранспорта, а также снижения втрое эксплуатационных затрат (в том числе расхода топлива), улучшения совокупности технических показателей (снижение шума, вредных выбросов), что позволяет успешнее конкурировать как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

В электронике и оптоэлектронике – расширение возможностей радиолокационных систем за счет применения фазированных антенных решеток с малошумящими СВЧ-

транзисторами на основе новых структур и волоконно-оптических линий связи с повышенной пропускной способностью с использованием фотоприемников и инжекционных лазеров на структурах с квантовыми точками; совершенствование тепловизионных обзорно-прицельных систем на основе использования матричных фотоприемных устройств, изготовленных на базе нанотехнологий и отличающихся высоким температурным разрешением; создание мощных экономичных инжекционных лазеров на основе наноструктур для накачки твердотельных лазеров, используемых в фемтосекундных системах.

В информатике – многократное повышение производительности систем передачи, обработки и хранения информации, а также создание новых архитектур высокопроизводительных устройств с приближением возможностей вычислительных систем к свойствам объектов живой природы с элементами интеллекта; адаптивное распределение управления функциональными системами, специализированные компоненты которых способны к самообучению и координированным действиям для достижения цели [12].

В энергетике (в том числе атомной) – создание новых материалов для совершенствования технологии создания топливных и конструкционных элементов, повышения эффективности существующего оборудования и развития альтернативной энергетики (адсорбция и хранение водорода на основе углеродных наноструктур, увеличение в несколько раз эффективности солнечных батарей на основе процессов накопления и энергопереноса в неорганических и органических материалах с нанослоевой и кластерно-фрактальной структурой, разработка электродов с развитой поверхностью для водородной энергетики на основе трековых мембран [4; 10; 11].

В сельском хозяйстве – применение новых нанопрепаратов стероидного ряда, совмещенных с бактериородопсином, помогло бы существенно (в среднем 1,5–2 раза) увеличить урожайность практически всех продовольственных (картофель, зерновые, овощные, плодово-ягодные) и технических (хлопок, лен) культур, повышение их устойчивости к неблагоприятным погодным условиям [4; 6; 7].

В здравоохранении – нанотехнологии обеспечат ускорение разработки новых лекарств, создание высокоэффективных нанопрепаративных форм и способов доставки лекарственных средств к очагу заболевания. Широкая перспектива открывается и в области медицинской техники (разработка средств диагностики, проведение нетравматических операций, создание искусственных органов).

В экологии – перспективными направлениями являются использование фильтров и мембран на основе наноматериалов для очистки воды и воздуха, опреснения морской воды, а также использование различных сенсоров для быстрого биохимического определения химического и биологического воздействий, синтез новых экологически чистых материалов, биосовместимых и биodeградируемых полимеров, создание новых методов утилизации и переработки отходов. Кроме того, существенное значение имеет перспектива применения нанопрепаративных форм на основе бактериородопсина. Исследования, проведенные с натуральными образцами почв, пораженных радиационно и химически (в том числе и черномыльскими), показали возможность восстановления их с помощью разработанных препаратов до ес-

тестового состояния микрофлоры и плодоносности за 2,5–3 месяца при радиационных поражениях и за 5–6 месяцев при химических [4; 6; 9].

По мере развития нанотехнологий в науке появилась целая серия новых понятий: наноматериалы, наносистемная техника, наноборудование, наноприборы и nanoиндустрия. В nanoиндустрии как наноконфлекс формируются и развиваются рынки различной направленности: нанонауки (продажа лицензий, свидетельств и промышленных образцов); нанотехнологий; нанопроизводства; наноборудования и приборов для контроля нанопроцессов. Любой из этих рынков представляет собой нанотехноэкономическую парадигму как систему, представляющую совокупность правительственных органов (на макроуровне поддерживающих развитие нанотехнологий и нанонауки), межатраслевых региональных научных и производственных центров (на мезоуровне проводящих научные исследования и опытно-конструкторские разработки нанопроизводства), организаций и физических лиц, взаимодействующих между собой в целях реализации своих интересов, нанопроизводства, планов, программ научно-технического и производственного характера (на микроуровне производящих нанопроизводство и целенаправленно воздействующих на микрорынок).

На микроуровне рынки нанопроизводства представлены их производителями (продавцами) и покупателями (юридическими лицами – организациями и физическими лицами), каждый из которых стремится получить определенную коммерческую выгоду от сделки купли-продажи. «Нанорынок» – это рынок нанопроизводства, который можно рассматривать как совокупность форм и организаций сотрудничества федеральных агентств, концернов, ассоциаций, научных фондов, предприятий и физических лиц в целях получения коммерческих и других выгод при производстве и использовании наноматериалов и нанопроизводства [4; 6].

В настоящее время наблюдается стремительный рост рынка конечной продукции на основе нанотехнологий. Например, размер мирового рынка электроники и ИТ с применением нанотехнологий вырастет с 0,5 млрд долл. в 2010 г. до 1,8 млрд долл. к 2015 г., т.е. более чем в три раза [4; 9; 12]. К тому времени предприятия должны быть готовы для разработки высокотехнологичной продукции, иначе новые технологии могут быть проданы за рубеж и не принести требуемого дохода стране. Практика показывает, что пока многие российские предприятия не могут создавать конкурентоспособную продукцию на основе высоких технологий [4; 6].

Российский рынок нанотехнологий находится на начальном этапе своего становления. На настоящий момент доля России в общемировом технологическом секторе составляет около 0,3 %, а на рынке нанотехнологий – 0,04 %. Во многом здесь сказался тот факт, что Россия обратила свое внимание на наноразработки на 7–10 лет позже, чем зарубежные страны. В итоге на современном этапе Россия значительно отстает от мировых нанотехнологических лидеров – США, Японии и ЕС – как по показателям развития НИОКР, так и по коммерциализации изобретений. Об этом свидетельствует и число международных нанотехнологических патентов – в 2008 г. их было всего около 30 (удельный вес российских изобретений – менее 0,2 %) [11].

В настоящее время Россия располагает достаточным научным и кадровым потенциалом для ускоренного развития работ в области nanoиндустрии. Фундаментальные, поисковые ис-

следования и разработку нанотехнологий осуществляют более 150 научных организаций с численностью около 20 тыс. исследователей. Все эти факторы и являются важнейшими предпосылками становления nanoиндустрии, тем самым окошом возможностей инновационного прорыва в новый нарождающийся технологический уклад.

Библиографический список

1. Азоев Г.Л. Маркетинговый анализ рынка нанопродуктов (Результаты аналитического проекта) // Маркетинг. – № 5 (108). – 2009. – Центр маркетинговых исследований и менеджмента. – 2009; Балабанов В.И. Нанотехнологии. Наука будущего / В.И. Балабанов. – М.: ЭКСМО, 2009. – 256 с.
2. Ковалев А.И., Кузнецов А.Е. Проблемы и перспективы развития мирового рынка нанотехнологий // Материалы 24-й Всероссийской научной конференции молодых ученых и студентов «Реформы в России и проблемы управления – 2009». – М.: ГУУ. – 2009.
3. Ковалев А.И. Концептуальные модели прогноза глобального нанорынка и его структура // Маркетинг. – № 3–4. – 2010.
4. Нанотехнологии. Азбука для всех / Под ред. академика РАН Ю.Д. Третьякова. – М.: МГУ, 2010. – 357 с.
5. Рынок нано: от нанотехнологий – к нанопродуктам / Под ред. проф. Г.Л. Азоева. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 201. – 349 с.
6. Форстер Л. Нанотехнологии: наука, инновации и возможности / Л. Форстер. – М.: Техносфера, 2008. – 352 с.
7. Хартманн У. Очарование нанотехнологии / У. Хартманн. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 174 с.
8. Официальный сайт английской исследовательской компании ВСС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bccresearch.com> (дата обращения: 1 апреля 2013 г.).
9. Официальный сайт европейской исследовательской компании Cientifica [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cientifica.eu> (дата обращения: 15 декабря 2012 г.).
10. Официальный сайт европейской патентной организации (ЕРО) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.epo.org> (дата обращения: 15 декабря 2012 г.).
11. Официальный сайт американской исследовательской компании Lux Research [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.luxresearchinc.com>. (дата обращения: 07 сентября 2012).

В.В. Лебедев
К.В. Лебедев

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДОВ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭВОЛЮЦИИ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ключевые слова: гипотезы, модель, избыточный спрос на товары, избыток денег в обращении, траектория, равновесие, устойчивость.

Введение

В последние годы математические методы нелинейной динамики, активно применяющиеся в естествознании с середины прошлого века, все шире используются для анализа

© Лебедев В.В., Лебедев К.В., 2013

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 13-06-00389).