



DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu3.2014.5.8>

УДК 338.45:621.38(470+571)

ББК 65.9(2P)305.142

РАЗВИТИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ: ПРОГНОЗИРУЕМЫЕ ЭФФЕКТЫ ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ ¹

Иншакова Елена Ивановна

Доктор экономических наук, профессор,
заведующая кафедрой мировой и региональной экономики,
Волгоградский государственный университет
inshakovae@mail.ru, interec@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Стремление стран к обеспечению устойчивого экономического роста за счет снижения энергетической зависимости от основных поставщиков энергетических ресурсов и повышения национальной энергетической обеспеченности вызывает в условиях нарастания конкуренции между участниками мирового энергетического рынка необходимость активизации использования внутренних источников развития, включая внедрение энергосберегающих технологий и развитие альтернативной энергетики.

Актуальность проблем достижения международной конкурентоспособности на основе укрепления энергетической безопасности, решение которых во многом определяет направления развития энергетического сектора, все более осознается во многих странах мира, включая Россию. Своевременность подготовки к использованию замещающих инновационных энергоресурсов и источников энергии по мере истощения традиционных ископаемых энергоресурсов отмечена в качестве одного из важнейших принципов реализации государственной энергетической политики России. Все это актуализирует развитие отечественной альтернативной энергетики в соответствии с мегатрендами мировой энергетики.

Перспективы развития современной энергетики, прежде всего альтернативной, многие специалисты связывают с применением нанотехнологий и наноматериалов. Нанотехнологии способствуют обеспечению новых возможностей для использования возобновляемых источников энергии и существенного вклада в производство и сбережение энергии. Основными направлениями эффективного использования нанотехнологий в энергетике становятся: использование возобновляемых источников; хранение энергии; уменьшение потребления материалов; использование альтернативных материалов.

На примере мировой и российской практики применения нанотехнологий и наноматериалов в ветровой и солнечной энергетике в статье выявлены основные эффекты их применения, значимые для развития российской альтернативной энергетики и национальной экономики в целом. Наиболее важные среди них: укрепление энергетической безопасности страны; повышение эффективности генерации электроэнергии; уменьшение стоимости производства электрической энергии, полученной из возобновляемых источников; снижение благодаря росту предложения альтернативной энергии

цен на оптовом энергетическом рынке, отвечающее интересам потребителей; получение страной экономических преимуществ лидера в области развития новейших технологий в энергетике.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, ветровая энергетика, нанотехнологии, наноматериалы, наноиндустрия, экономические эффекты.

Наращение конкуренции между участниками мирового энергетического рынка, обострение экологических проблем, вызванных использованием ископаемого топлива, экономическая и политическая нестабильность в мировом хозяйстве, выступающие факторами неустойчивой динамики мировой торговли энергоресурсами и волатильности мировых цен на них, обуславливают стремление стран к обеспечению устойчивого экономического роста за счет снижения энергетической зависимости от основных поставщиков энергетических ресурсов и повышения национальной энергетической обеспеченности путем активизации использования внутренних источников развития, включая внедрение энергосберегающих технологий и развитие альтернативной энергетике.

Актуальность проблем достижения международной конкурентоспособности на основе укрепления энергетической безопасности, решение которых во многом определяет направления развития энергетического сектора, все более осознается во многих странах мира, включая Россию. Именно в контексте этих проблем в качестве основной цели Энергетической стратегии России на период до 2030 г. определено «создание инновационного и эффективного энергетического сектора страны, адекватного как потребностям растущей экономики в энергоресурсах, так и внешнеэкономическим интересам России, обеспечивающего необходимый вклад в социально ориентированное инновационное развитие страны» [10]. Достижение указанной цели требует последовательного решения комплекса сложных задач, в том числе: повышения эффективности воспроизводства, добычи и переработки топливно-энергетических ресурсов для удовлетворения внутреннего и внешнего спроса на них; модернизации и создания новой энергетической инфраструктуры.

Своевременность подготовки к использованию замещающих инновационных энергоре-

сурсов и источников энергии по мере истощения традиционных ископаемых энергоресурсов отмечена в качестве одного из важнейших принципов реализации государственной энергетической политики, обеспечивающих достижение энергетической безопасности России. Все это актуализирует развитие отечественной альтернативной энергетике в соответствии с мегатрендами современной мировой энергетике.

В докладе «Renewables Global Status Report 2014», подготовленном экспертами Исполнительного комитета организации Ren21 («Renewable Energy Policy Network for the 21st Century»), отмечалось, что возобновляемая энергия обеспечила, по оценкам, 19 % глобального энергопотребления в 2012 г., и этот показатель продолжал расти в 2013 году. К концу 2013 г. Китай, США, Бразилия, Канада и Германия оставались лидерами по объемам мощностей возобновляемых источников энергии. На начало 2014 г. как минимум 144 страны имели четкие цели в сфере развития возобновляемой энергетике, 138 – осуществляли политику ее поддержки, 19 – приняли обязательства в этой сфере на национальном или муниципальном уровнях, в ряде стран в этих целях применялись меры фискального или административного характера. В сфере альтернативной энергетике в мире прямо или опосредованно заняты около 6,5 млн человек [15, с. 13–14].

Использование возобновляемых источников энергии растет в странах Азии, Латинской Америки, Среднего Востока и Африки, причем новые инвестиции вкладываются практически во все технологии альтернативной энергетике. Для решения проблемы загрязнения воздуха при сжигании ископаемого топлива во многих крупных городах мира реализуются комплексные экологические программы, включающие модернизацию энергетике. Около 80 % городов США используют возобновляемые источники энергии, причем в десяти крупнейших их доля составляет от 3 до 17 %.

В Европейском союзе в 2012 г. 70 % дополнительных энергетических мощностей составили возобновляемые источники, преимущественно солнечной и ветровой энергии. Ветровая и солнечная энергетика получили наибольшее развитие в Дании и Италии, где в 2012 г. 30 % электричества было получено от ветровых установок и 5,6 % – от солнечных [14, с. 13]. Германия, Испания и Дания вырабатывают 75 % всей ветровой энергии в Европе.

В Германии к 2009 г. в сектор возобновляемой энергетики было инвестировано около 20 млрд евро, создано более 300 тыс. рабочих мест [3]. В таких федеральных землях, как Саксония – Анхальт, Мекленбург – Формпомерн и Шлезвиг – Гольштейн доля ветровой энергетики уже превышает 40 %. В 2012 г. возобновляемые источники обеспечили 22,9 % энергопотребления в Германии (на 20,5 % больше чем в 2011 году). Хотя роль традиционной энергетики по-прежнему велика, а получение атомной энергии будет использоваться в качестве «переходной» технологии, к 2020 г. все страны ЕС обязаны на 20 % обеспечить себя возобновляемой энергией.

В контексте решения этой стратегической задачи в Германии осуществляется проект «энергетического поворота», который, по словам вице-канцлера ФРГ З. Габриэля, в обозримом будущем станет одним из самых важных экономико-политических проектов Германии [8, с. 29], обеспечивая выход страны из атомной энергетики, увеличение доли возобновляемых источников энергии, сокращение зависимости от международного импорта нефти и газа, реализацию политики по защите климата, развитие новых технологий и инновационных отраслей экономики, создание новых рабочих мест. В секторе возобновляемой энергетики страны уже заняты 380 тыс. чел. – гораздо больше, чем в секторе традиционной энергетики. На эти местные рабочие места (на производствах, в монтаже, обслуживании, проектировании) не могут привлекаться внешние ресурсы. В солнечные и ветреные дни солнечные панели и ветровые турбины обеспечивают до половины потребности страны в электричестве. Последние расчеты показывают, что Германия перевыполнит свои обязательства по развитию во-

зобновляемой энергии и получит более 40 % всей производимой энергии от возобновляемых источников к 2020 году [6].

Переход к высокоэффективной возобновляемой энергетике потребует крупномасштабных инвестиций в размере до 200 млрд евро. Однако возобновляемая энергия, которая считается более дорогой, чем традиционная, становится все более дешевой по мере развития этой сферы, в то время как традиционная энергия становится более дорогой. Кроме того, ископаемая энергия до сих пор в значительной мере субсидируется, а в ее цену не включается воздействие на окружающую среду. В 2012 г. благодаря ветровой и солнечной энергии цены на оптовом энергетическом рынке Германии снизились более чем на 10 %, что очень благоприятно сказалось на развитии энергоемких видов производств. Замещение импорта энергоносителей производством собственной возобновляемой энергии способствовало улучшению торгового баланса и укреплению энергетической независимости. Благодаря возобновляемой энергии Германия стала привлекательным местом размещения энергоемких производств. Все это стало благоприятными факторами более быстрого выхода ФРГ из экономического и финансового кризиса по сравнению с другими странами ЕС.

Получение значимого экономического эффекта осуществления энергетического поворота следует ожидать не только в краткосрочной, но и среднесрочной перспективе. Рыночный спрос на солнечные панели, ветровые турбины, станции по сжиганию биомассы, батареи и системы аккумуляции энергии, «умное» сетевое оборудование и энергоэффективные технологии постоянно растет и будет интенсивно расти в перспективе. С учетом этого Германия стремится к получению экономических преимуществ лидера в области развития новейших технологий в рассматриваемой сфере.

Перспективы развития современной энергетики, прежде всего альтернативной, многие специалисты связывают с применением нанотехнологий и наноматериалов, учитывая стратегическую значимость нанотехнологий как катализаторов инновационной модернизации экономики, создания мощных интернальных и экстернальных импульсов и эффектов ее развития, стимулирования устойчиво-

го роста не только сферы энергетики, но и национальной экономики в целом. Специалисты Американского института национальных стандартов (American National Standards Institute, ANSI) считают, что постоянное развитие нанотехнологий определяет инновации и экономический рост практически во всех отраслях, включая альтернативную энергетику [11, с. 6]. Результаты нового исследования, проведенного учеными из Международной электротехнической комиссии (International Electrotechnical Commission, IEC) и немецкого Фраунгоферовского института системных и инновационных исследований (Fraunhofer Institut für System und Innovations for schung, ISI), свидетельствуют о том, что массовое внедрение нанотехнологий принесет энергетическому сектору масштабные экономические эффекты.

Нанотехнологии способствуют обеспечению новых возможностей для использования возобновляемых источников энергии и вносят существенный вклад в производство и сбережение энергии. Основными направлениями эффективного использования нанотехнологий в энергетике становятся [4, с. 20]:

- использование возобновляемых источников (солнечные батареи, термоэлектрические приборы, топливные элементы);
- хранение энергии (перезаряжаемые батареи и суперконденсаторы, водородные баки);
- уменьшение потребления материалов (например, создание более легких и/или прочных конструкционных материалов или увеличение их активности);
- использование альтернативных (более распространенных) материалов (например, замена редкоземельных элементов на наноструктурированные оксиды металлов при катализе).

К 2015 г. материалы и процессы на основе нанотехнологий, согласно прогнозам, оцениваются в 4,92 млрд долл. США. Проникновение нанотехнологий в сферу энергетики достигнет к этому времени уровня 36,3 % (доля продуктов, связанных с энергетикой, которые будут содержать в себе в той или иной форме результаты применения нанотехнологий). Распределение доходов от введения нанотехнологий по секторам сферы энергетики будет выглядеть следующим образом: наибольшая доля придется на накопление энергии и преобразование энергии солнечного излучения.

К числу ожидаемых экономических эффектов введения нанотехнологий, заменяющих некоторые материалы новыми, эксперты относят большую эффективность таких соединений по соотношению «цена – качество». Использование уникальных физических свойств материала, появляющихся при условии его наноструктурирования, дает новые возможности повышения производительности аккумуляторов и топливных элементов с помощью нанотехнологий. Так, применение наноструктурированных тонких пленок способствовало увеличению срока жизни катализаторов в полимер-электролитных мембранах. Уникальные свойства наноматериалов используются и для решения других задач по улучшению работы батарей и аккумуляторов [4, с. 22]. Углеродные нанотрубки позволяют запасать большее количество энергии по сравнению с традиционными графитными электродами. Electroды на основе монослойных углеродных нанотрубок увеличивают производительность как аккумуляторов, так и топливных элементов. На предприятиях компании «Toshiba», например, используют наночастицы для уменьшения редукции жидкого органического электролита при перезарядке литий-ионных батарей [12].

Особенно актуальны нанотехнологии в области хранения энергии и солнечной энергетики [5]. Значительные потери электроэнергии на ее пути к потребителю, которые достигают 4–9 % в странах Европы, 7–10 % в США и Канаде, 13–14 % – в России, по-прежнему относятся к числу наиболее значимых проблем развития энергетического сектора мировой экономики [3].

В условиях ожидаемого к 2035 г. 30 %-го увеличения мирового спроса на энергию и обусловленной этим интенсификации развития альтернативной энергетики нанотехнологии и новые наноматериалы станут фактором взаимосвязанного и взаимообусловленного развития возобновляемых источников энергии и систем ее хранения.

Более емкие и эффективные системы хранения энергии необходимы для целого ряда возобновляемых источников энергии, которые вырабатывают электричество неравномерно – при наличии ветра (энергия ветра), солнца (солнечная энергия), мощных волн (волно-

вая энергия) и др. Рациональное использование таких альтернативных источников энергии возможно лишь при наличии инновационных систем хранения произведенной энергии, которые способны накапливать ее в периоды низкого спроса и направлять потребителям в периоды его активизации.

Специалисты Международной электротехнической комиссии в опубликованном в 2013 г. докладе «Нанотехнология в секторах солнечной энергетики и хранения энергии» («Nanotechnology in the sectors of solar energy and energy storage») сделали вывод о том, что многие аспекты развития указанных секторов непосредственно связаны с применением наноразмерных материалов, а для некоторых областей этой сферы использование нанотехнологий может даже стать условием успеха [13, с. 4].

Основными экономическими преимуществами использования нанотехнологий в сфере энергетики являются повышение эффективности материалов и снижение производственных затрат.

В перспективе наноматериалы позволяют добиться значительного повышения емкости аккумуляторных батарей, роста КПД и удешевления производства солнечных панелей, продления срока полезной эксплуатации фотоэлектрических элементов и аккумуляторных батарей для крупных систем хранения энергии.

Так, использование наноматериалов при производстве литий-ионных аккумуляторов позволит значительно увеличить их удельную энергоемкость. Эксперты отмечают, что речь идет о самом крупном прорыве в области массового производства систем хранения энергии с начала 90-х гг. прошлого века. Более высокая эффективность использования литий-ионных батарей определяется следующими факторами: высокой энергоемкостью, что потребует меньшего количества самих батарей; длительным сроком службы (минимум 13 лет, а не два года, как у свинцово-кислотных батарей); более низкими затратами на капитальное строительство; легкой установкой на существующих станциях различной мощности.

В сфере альтернативной энергетики литий-ионные батареи могут быть использованы как накопители электроэнергии, вырабатываемой: солнечными электростанциями, что

позволит обеспечить потребителей электроэнергией в периоды снижения солнечной инсоляции из-за погодных условий; ветрогенераторами, обеспечивая потребителей электроэнергией в периоды снижения скорости движения воздушных потоков; приливными и волновыми электростанциями для снабжения потребителей электроэнергией в периоды снижения естественной активности этих природных источников энергии.

Использование нанотехнологий уже в современных условиях позволяет значительно повысить эффективность генерации электроэнергии.

Значительный прорыв в повышении КПД преобразования энергии солнечного света в электричество на основе применения нанотехнологий удалось совершить в сентябре 2013 г. ученым: Института солнечных энергетических систем Фраунгофера (The Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE); французской компании «Soitec» – одного из мировых лидеров по созданию и производству революционных полупроводниковых материалов для электроники и энергетики; французского технологического исследовательского института «CEA-Leti», входящего в структуру финансируемой государством Комиссии по альтернативной и ядерной энергетике (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, CEA); Берлинского центра Гельмгольца. Ученые из Германии и Франции добились рекордного КПД преобразования энергии солнечного света в электричество (44,7 % всей солнечной энергии) с помощью новой четырехкаскадной конструкции солнечного элемента [16]. В мае 2013 г. исследователи уже заявляли о создании солнечного элемента с КПД 43,6 %. За три месяца интенсивной исследовательской работы и оптимизации КПД этот результат удалось увеличить на 1,1 %.

Созданные ими солнечные элементы используются в фотогальванических электрогенерирующих установках, позволяющих более чем в два раза увеличить эффективность традиционных солнечных батарей за счет концентрации солнечного света на элементе. Многокаскадные солнечные элементы, в которых отдельные каскады, сделанные из различных полупроводниковых соединений на основе нанотехнологий, поглощают разные

диапазоны длин волн солнечного спектра, в современных условиях считаются самой перспективной технологией достижения высокой эффективности преобразования солнечного света в электричество. Это достижение является важным шагом на пути к дальнейшему уменьшению стоимости производства электричества, полученного из солнечной энергии.

Кроме того, для производства солнечных батарей при применении наноматериалов потребуется меньше ресурсов, что также позволит повысить экономическую эффективность солнечной энергетики.

В связи с этим промышленные и энергетические компании, а также научные организации во многих странах мира, включая Россию, в ближайшее время будут проявлять все больший интерес к применению нанотехнологий и наноматериалов в альтернативной и традиционной энергетике.

Активизацию развития альтернативной энергетики можно обоснованно рассматривать в качестве позитивного фактора решения основных проблем в сфере энергетической безопасности, обозначенных в Энергетической стратегии России [10]: монозависимости российской экономики и энергетики от природного газа, доля которого в структуре внутреннего потребления топливно-энергетических ресурсов составляет около 53 %; несоответствия производственного потенциала топливно-энергетического комплекса мировому научно-техническому уровню, включая экологические стандарты; слабого развития энергетической инфраструктуры в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке; и др. В России централизованным энергоснабжением охвачена лишь треть территории, а две трети находятся в зоне децентрализованного и автономного энергоснабжения, где проживает около 20 млн человек [7, с. 5]. Перспективным решением этой проблемы может стать развитие в хозяйственном пространстве таких районов «малой энергетики» – местных электростанций, работающих на альтернативных источниках энергии.

С учетом стратегической значимости получения экономических эффектов от развития nanoиндустрии в российской хозяйственной практике, реализация подобных проектов в сфере энергетики и в ее альтернативном секторе осуществляется при участии государ-

ственных институтов развития [2], отечественных мегасайенс-центров, отечественных и зарубежных частных инвесторов.

К числу значимых для развития в России альтернативной (в данном случае солнечной) энергетики проектов относится осуществляемый под эгидой РОСНАНО проект организации производства высокоэффективных солнечных фотоэнергоустановок (СФЭУ) на основе наногетероструктурных фотоэлектрических преобразователей и концентраторов солнечного излучения с системами слежения за положением Солнца [1]. Участниками его реализации являются ОАО «РОСНАНО», Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, компания «ValeyPearls Holdings LTD», ООО «Солнечный поток» (проектная компания).

В рамках проекта планируется создать производство полного цикла, включающего в себя выращивание наногетероструктур, производство чипов, сборку модулей, производство систем слежения за солнцем и сборку солнечных фотоэлектрических установок. Реализация проекта позволит коммерциализировать разработанные в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе РАН фундаментальные научно-технические принципы и технологические основы построения основных элементов концентраторных солнечных фотоэлектрических установок.

Общий объем финансирования проекта должен составить 5 730 млн руб., из них: РОСНАНО – 1 290 млн руб.; соинвесторов – денежные средства и интеллектуальная собственность на общую сумму 1 290 млн рублей. Кроме того, в ходе реализации проекта предполагается осуществить привлечение 3 150 млн руб. у сторонних инвесторов.

Проект стартовал в IV квартале 2011 года. Спустя год было начато опытно-промышленное производство, включая выпуск наногетероструктур, чипов фотопреобразователей, концентраторных фотоэлектрических модулей и солнечных концентраторных фотоэлектрических установок на суммарную установленную мощность 10 МВт в год. Пилотная линия была организована в Санкт-Петербурге, а строительство завода для опытного и серийного производств предусмотрено проектом в Ставропольском крае. Выход на проектную мощность запланирован на II квартал

2016 г. с организацией серийного производства солнечных концентраторных фотоэлектрических установок на суммарную установленную мощность 85 МВт в год. Ожидается, что в 2015 г. выручка проектной компании составит более 130 млн евро.

Другим перспективным проектом с применением нанотехнологий в сфере солнечной энергетики стал реализуемый с 2009 г. ООО «Хевел» – портфельной компанией ОАО «РОСНАНО» – проект по созданию производства тонкопленочных фотопреобразовательных (солнечных) модулей на базе технологической линии компании «Oerlikon Solar» (Швейцария). В рамках проекта создается предприятие полного цикла по выпуску солнечных модулей проектной мощностью около одного миллиона солнечных модулей в год, что соответствует 130 МВт/год. В долгосрочной перспективе существенную долю производимых солнечных модулей планируется направлять на российский рынок.

Акционерами портфельной компании ООО «Хевел» стали ОАО «РОСНАНО» и группа компаний «Ренова». Общий бюджет проекта составляет 20,13 млрд руб., из них доля РОСНАНО – 13,53 млрд рублей [9]. Действующий завод по производству солнечных модулей построен в г. Новочебоксарск, Чувашская Республика. Конкурентными преимуществами производимых солнечных модулей являются: низкая себестоимость производства; конкурентоспособные показатели эффективности; промышленная технология. Основными потребителями продукции нового предприятия станут: производители фотоэлектрических систем для автономного и дополнительного энергоснабжения объектов; крупные солнечные электростанции, работающие в общей энергосистеме («солнечные фермы»); энергосетевые распределительные компании; индивидуальные потребители.

Таким образом, наиболее существенными эффектами реализации нанотехнологических проектов в сфере альтернативной энергетики в краткосрочной и среднесрочной перспективе, значимыми для экономики РФ в целом, станут:

– укрепление энергетической безопасности страны на основе активизации использования возобновляемых источников энергии по мере истощения традиционных;

– повышение эффективности генерации электроэнергии за счет совершенствования технологий производства и преобразования энергии, полученной из альтернативных источников, увеличения объемов преобразованной в электричество энергии, сокращения длительности соответствующих процессов;

– уменьшение стоимости производства электрической энергии, полученной из возобновляемых источников, вследствие: уменьшения потребления используемых материалов и повышения их эффективности при условии применения наноматериалов (обладающих большей эффективностью по соотношению «цена – качество»); снижения производственных затрат;

– разработка и применение инновационных систем аккумулирования и хранения произведенной электроэнергии, а также новых технологий энергосбережения;

– повышение на этой основе экономической эффективности сектора альтернативной энергетики;

– снижение благодаря росту предложения альтернативной энергии цен на оптовом энергетическом рынке, отвечающее интересам потребителей;

– сокращение в результате использования инновационных технологий производства альтернативной энергии негативного влияния применяемых традиционных источников (загрязнение воздуха, парниковый эффект и др.) на окружающую среду и связанных с нейтрализацией такого негативного воздействия издержек;

– получение страной экономических преимуществ лидера в области развития новейших технологий в рассматриваемой сфере, обеспечивающее равноправное положение на рынке высокотехнологичных энергетических продуктов и услуг с ограниченным кругом участников, а также участие в создании глобальных механизмов получения и перераспределения ренты от монополии на уникальные знания и высокие технологии.

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Выполнено в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ (тема НИР № 2018).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Высокоэффективные солнечные энергоустановки с системой слежения за Солнцем : проект РОСНАНО // Российская национальная нанотехнологическая сеть. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: http://www.rusnanonet.ru/rosnano/sunpower_project/info/#title. – Загл. с экрана.

2. Иншаков, О. В. Механизм государственного финансирования и институты развития наноиндустрии в России / О. В. Иншаков, Е. И. Иншакова // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3, Экономика. Экология. – 2012. – Вып. 1 (20). – С. 144–150.

3. Механизмы энергоэффективности: инновации в энергетике // NanoNewsNet. 18 янв., 2011. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2011/mekhanizmy-energoeffektivnosti-innovatsii-v-energetike>. – Загл. с экрана.

4. Нанотехнологии на рынке энергетики в 2015 году // Российские нанотехнологии. – 2009. – Т. 4, № 11–12. – С. 20–22.

5. Нанотехнологии помогут повысить эффективность энергетического сектора // NanoNewsNet. 7 марта, 2014. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2014/nanotekhnologii-pomogut-povysit-effektivnost-energeticheskogo-sektora>. – Загл. с экрана.

6. Немецкий энергетический поворот – Аргументы за возобновляемое энергетическое будущее // Energytransition. The German Energiewende. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://energytransition.de/2013/03/ru>. – Загл. с экрана.

7. Попель, О. С. Роль и место возобновляемых источников энергии в экономике России / О. С. Попель // Материалы Международного семинара «Возобновляемые источники энергии: перспективы для России». – М. : ИМЭМО РАН, 2010. – С. 3–8. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.imemo.ru/ru/conf/2010/251010/25102010.pdf>. – Загл. с экрана.

8. Сделать энергетический поворот успешным проектом // Deutschland.de. – 2014. – № 1. – С. 28–33.

9. Солнечные модули на базе тонкопленочной технологии Oerlikon // Портфельные компании. РОСНАНО. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.rusnano.com/projects/portfolio/level>. – Загл. с экрана.

10. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/aboutminenergo/energostrategy/>. – Загл. с экрана.

11. Building Connections, Fostering Solutions: 2012–2013 ANSI Annual Report. – New York, NY : ANSI, 2013. – 40 p. – Electronic text data. – Mode of access:

http://publicaa.ansi.org/sites/apdl/Documents/News%20and%20Publications/Brochures/Annual%20Report%20Archive/ANSI_2012_13_Annual_Report_with_Roster.pdf. – Title from screen.

12. Matsui, I. Preparation of Monodisperse FePt Nanoparticles and Magnetic Films / I. Matsui // Toshiba Review. – 2007. – Vol. 62, № 1. – Electronic text data. – Mode of access: <http://www.toshiba.co.jp/tech/review/2007/01/index.htm>. – Title from screen.

13. Nanotechnology in the sectors of solar energy and energy storage. Technology Report / International Electrotechnical Commission. – Geneva, Switzerland : IEC, 2013. – 101 p. – Electronic text data. – Mode of access: http://www.iec.ch/about/brochures/pdf/technology/IEC_TR_Nanotechnology_LR.pdf. – Title from screen.

14. Renewables Global Status Report 2013. – Paris : Ren21, 2013. – 176 p. – Electronic text data. – Mode of access: http://www.ren21.net/portals/0/documents/resources/gsr/2013/gsr2013_lowres.pdf. – Title from screen.

15. Renewables Global Status Report 2014. – Paris : Ren21, 2014. – 214 p. – Electronic text data. – Mode of access: http://www.ren21.net/portals/0/documents/resources/gsr/2014/gsr2014_full%20report_low%20res.pdf. – Title from screen.

16. World Record Solar Cell with 44.7 % Efficiency : Fraunhofer ISE Press Release 22/13, September 23, 2013. – Electronic text data. – Mode of access: http://www.ise.fraunhofer.de/en/press-and-media/press-releases/presseinformationen-2013/world-record-solar-cell-with-44.7-efficiency?set_language=en. – Title from screen.

REFERENCES

1. Vysokoeffektivnye solnechnye energoustanovki s sistemoy slezheniya za Solntsem: proekt ROSNANO [Highly Efficient Solar Power Facilities With Solar Tracking System]. *Rossiyskaya natsionalnaya nanotekhnologicheskaya set* [Russian National Nanotechnological Network. ROSNANO Project]. Available at: http://www.rusnanonet.ru/rosnano/sunpower_project/info/#title.

2. Inshakov O.V., Inshakova E.I. Mekhanizm gosudarstvennogo finansirovaniya i instituty razvitiya nanoindustrii v Rossii [The Mechanism of State Finance and Nanoindustry Development Institutes in Russia]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3, Ekonomika. Ekologiya* [Science Journal of Volgograd State University. Global Economic System], 2012, iss. 1 (20), pp. 144–150.

3. Mekhanizmy energoeffektivnosti: innovatsii v energetike [Mechanisms of Energy Efficiency: Innovations in the Power Industry]. *NanoNewsNet*, 2011, January 18. Available at: <http://www.nanonewsnet.ru/>

articles/2011/mekhanizmy-energoeffektivnosti-innovatsii-v-energetike.

4. Nanotekhnologii na rynke energetiki v 2015 godu [Nanotechnology at the Energy Market in 2015]. *Rossiyskie nanotekhnologii*, 2009, vol. 4, no. 11-12, pp. 20-22.

5. Nanotekhnologii pomogut povysit effektivnost energeticheskogo sektora [Nanotechnologies Can Help to Improve the Efficiency of the Energy Sector]. *NanoNewsNet*, 2014, March 7. Available at: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2014/nanotekhnologii-pomogut-povysit-effektivnost-energeticheskogo-sektora>.

6. Nemetskiy energeticheskiy povорот – Argumenty za vozobnovlyаемое energeticheskoe budushchee [German Energy Turnaround – Arguments for the Renewable Energy Future]. *Energytransition. The German Energiewende*. Available at: <http://energytransition.de/2013/03/ru/>.

7. Popel O.S. Rol i mesto vozobnovlyаемых istochnikov energii v ekonomike Rossii [The Role and Place of Renewable Energy Sources in the Russian Economy]. *Materialy Mezhdunarodnogo seminarâ "Vozobnovlyаемые istochniki energii: perspektivy dlya Rossii"* [Proceedings of the International Workshop "Renewable Energy: Prospects for Russia"]. Moscow, IMEMO RAN Publ., 2010, pp. 3-8. Available at: <http://www.imemo.ru/ru/conf/2010/251010/25102010.pdf>.

8. Sdelat energeticheskiy povорот uspeshnym proektom [To Make the Energy Turnover a Successful Project]. *DE Magazin Deutschland*, 2014, no. 1, pp. 28-33.

9. Solnechnye moduli na baze tonkoplennoy tekhnologii Oerlikon [Solar Modules Based on Thin-Film Oerlikon Technology]. *Portfelnye kompanii. ROSNANO* [Portfolio Companies. ROSNANO]. Available at: <http://www.rusnano.com/projects/portfolio/hevel>.

10. *Energeticheskaya strategiya Rossii na period do 2030 goda* [Energy Strategy of Russia for the Period Up to 2030]. Available at: <http://minenergo.gov.ru/aboutminenergo/energostrategy/>.

11. *Building Connections, Fostering Solutions: 2012-2013 ANSI Annual Report*. New York, ANSI Publ., 2013. 40 p. Available at: http://publicaa.ansi.org/sites/apdl/Documents/News%20and%20Publications/Brochures/Annual%20Report%20Archive/ANSI_2012_13_Annual_Report_with_Roster.pdf.

12. Matsui I. Preparation of Monodisperse FePt Nanoparticles and Magnetic Films. *Toshiba Review*, 2007, vol. 62, no. 1. Available at: <http://www.toshiba.co.jp/tech/review/2007/01/index.htm>.

13. *Nanotechnology in the Sectors of Solar Energy and Energy Storage. Technology Report*. International Electrotechnical Commission. Geneva, Switzerland, IEC, 2013. 101 p. Available at: http://www.iec.ch/about/brochures/pdf/technology/IEC_TR_Nanotechnology_LR.pdf.

14. *Renewables Global Status Report 2013*. Paris, Ren21, 2013. 176 p. Available at: http://www.ren21.net/portals/0/documents/resources/gsr/2013/gsr2013_lowres.pdf.

15. *Renewables Global Status Report 2014*. Paris, Ren21, 2014. 214 p. Available at: http://www.ren21.net/portals/0/documents/resources/gsr/2014/gsr2014_full%20report_low%20res.pdf.

16. *World Record Solar Cell with 44.7% Efficiency: Fraunhofer ISE Press Release 22/13, September 23, 2013*. Available at: http://www.ise.fraunhofer.de/en/press-and-media/press-releases/presseinformationen-2013/world-record-solar-cell-with-44.7-efficiency?set_language=en.

DEVELOPMENT OF ALTERNATIVE POWER INDUSTRY BASED ON NANOTECHNOLOGIES: FORECAST EFFECTS FOR RUSSIAN ECONOMY

Inshakova Elena Ivanovna

Doctor of Economic Sciences, Professor,
Head of the Department of International and Regional Economy,
Volgograd State University
inshakovae@mail.ru, interec@volsu.ru
Prosp. Universitetskyy, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Abstract. The aspiration of countries to achieve sustainable economic growth by reducing the energy dependence of the main suppliers of energy resources and by increasing national energy security induces in the conditions of increasing competition between participants in the global energy market the necessity to intensify the use of internal development resources, including the introduction of energy-saving technologies and development of alternative power industry.

The urgency of the problems of international competitiveness achievement based on the energy security strengthening, solution of which largely determines the directions of the energy sector development, is increasingly recognized in many countries, including Russia. Timeliness of preparation to the use of substitute innovative energy resources and energy sources, while the traditional fossil fuels are dwindling, is marked as one of the most important principles of the state policy of Russia. All these factors update the development of domestic alternative energy in accordance with the megatrends of the world energy sector.

The prospects for the development of modern energy, especially alternative, are associated by many experts with the use of nanotechnologies and nanomaterials. Nanotechnologies contribute to the new opportunities for the use of renewable energy sources and a significant contribution to the production and conservation of energy. The main directions of the effective use of nanotechnologies in the energy sector are: the use of renewable sources; energy storage; reducing the consumption of materials; the use of alternative materials.

On the example of the world and Russian practice of nanotechnologies and nanomaterials use in the sphere of wind and solar energy the basic effects of their application, important for the development of alternative energy and of the Russian national economy as a whole, are identified in the article. The most important effects include strengthening the energy security of the country; improving the efficiency of electricity generation; reducing the cost of production of electrical energy produced from renewable sources; decreasing the wholesale energy market prices due to the increased supply of alternative energy that meets the interests of consumers; gaining economic advantages as a country - leader in the sphere of new energy technologies development.

Key words: alternative power industry, renewable energy sources, solar energy, wind energy, nanotechnologies, nanomaterials, nanoindustry, economic effects.