ISSN 2311-875X (Online)
ISSN 2073-2872 (Print)

Устойчивое развитие экономики

ПРОБЛЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ВЫПАДАЮЩИХ ДОХОДОВ ЭКОНОМИКИ РОССИИ ОТ ЭКСПОРТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ПРИ СМЕНЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ*

Владислав Валерьевич КЛОЧКОВ[a,•], Максим Николаевич ДАНИЛИН[b]

[a] доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экономической динамики и управления инновациями, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Российская Федерация
vlad_klochkov@mail.ru

[b] аспирант лаборатории экономической динамики и управления инновациями,
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Российская Федерация
maksdanilin@gmail.com

• Ответственный автор

История статьи:
Принята 31.08.2015
Одобрена 08.09.2015

УДК 339.564:339.91:620.9
JEL: F02, O33, Q42, Q43

Ключевые слова: зеленая энергетика, энергетическое машиностроение, экспорт, структура затрат, тренды технологического развития

Аннотация

Тема. Работа посвящена анализу влияния смены технологических укладов в энергетике (сопровождающегося ослаблением влияния экспортеров энергоресурсов и усилением роли производителей генерирующего оборудования) на положение российской экономики.

Цели и задачи. Оценка зависимости уровня выпадающих доходов российской экономики от экспорта энергоносителей при переходе к новым технологическим укладам в энергетике. Определение целевой доли российских производителей на мировых рынках энергетического оборудования, которая позволила бы компенсировать эти выпадающие доходы.

Методология. Предложена упрощенная модель суммарного вклада в ВВП России топливной промышленности и энергетического машиностроения в зависимости от агрегированных технико-экономических параметров структуры затрат на производство энергии. Рассмотрены типовые сценарии технологического развития мировой энергетики в виде пропорций изменения составляющих затрат на производство энергии.

Результаты. При переходе к преимущественно возобновляемым источникам энергии на ранних стадиях их коммерческого освоения российской промышленности потребуется занять на мировых рынках энергетического оборудования порядка нынешней доли России на мировых рынках энергоносителей. По мере совершенствования технологий (когда спрос на энергию может существенно возрасти) требуемая доля рынка может снизиться. Однако при переходе стран Запада к преимущественному использованию собственных топливных ресурсов выпадающие доходы не могут быть компенсированы достижимым в реальности ростом производства энергетического оборудования.

Выводы. В краткосрочной перспективе вполне оправданны меры, нацеленные на диверсификацию рынков экспорта российских энергоносителей, а также на освоение мирового рынка строительства объектов атомной энергетики. В долгосрочной перспективе гораздо большее влияние на российскую экономику, чем изменение доходов ТЭК и энергетического машиностроения, может оказать косвенный эффект повышения доступности энергии и снижения энергоемкости технологий в остальных отраслях.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2015

Введение

Новые технологии генерации энергии, как правило, характеризуются сокращением доли затрат на приобретение природных энергоносителей (топлива) в себестоимости производимой энергии[1] и возрастанием доли капитальных затрат на приобретение, монтаж, обслуживание генерирующего и другого необходимого оборудования [1]. Поскольку и в структуре ВВП России, и тем более в структуре ее экспорта доходы от добычи и реализации ископаемого топлива занимают значительное место[2], такое изменение структуры стоимости жизненного цикла энергогенерирующих объектов может оказать на российскую экономику сильное негативное влияние, если только выпадающие доходы от продажи энергоносителей не будут замещены растущими доходами от продажи на мировых рынках энергетического оборудования, услуг по его монтажу, строительству энергообъектов и, возможно, их послепродажному обслуживанию. Частично российская экономика

*Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 15-06-06360).

[1] Для ряда технологий, например для солнечной и ветроэнергетики – до нуля.

[2] В значительной степени экспорт энергоресурсов определяет и значимость России в мировой экономике и глобальной политике, см., например, [2, 3].

движется в указанном направлении – известна активная стратегия ГК «Росатом», направленная на завоевание новых зарубежных рынков [4], где российские специалисты строят атомные электростанции (и даже в ряде случаев обеспечивают их эксплуатацию, продавая уже непосредственно конечный продукт, то есть электроэнергию).

Однако по мере перехода к новому технологическому укладу в энергетике изменение структуры мировых рынков энергоресурсов и энергетического оборудования (со смещением «центра тяжести» в сторону последних) будет все более масштабным. Соответственно возникает следующая гипотеза: для компенсации выпадающих доходов от экспорта энергоресурсов, для сохранения (или даже повышения) благосостояния России целесообразно увеличивать объемы производства и продажи на мировом рынке оборудования для новых отраслей энергетики, а также сопутствующих услуг – монтажа, послепродажного обслуживания, утилизации и т.п.

Фактически смена технологических укладов в энергетике имеет непосредственное отношение к экономической безопасности России и устойчивому развитию ее экономики. Энергетическим аспектам экономической безопасности и устойчивого развития посвящен обширный массив работ в зарубежной экономической литературе (см., например, [5–8]). Однако во всех этих работах представлена точка зрения стран – импортеров энергоресурсов, причем в основном внимание авторов сосредоточено на диверсификации источников энергии, импорта топливных ресурсов. Проблема влияния технологических сдвигов в энергетической сфере на экономическую безопасность стран – экспортеров энергоносителей в основном актуальна для самих этих стран и на уровне экономико-математических моделей практически не рассматривается.

Таким образом, актуальной остается проблема прогнозирования на макро- и мезоуровнях (то есть на уровнях национальной экономики и ее отраслей) комплекса социально-экономических последствий распространения новых технологий в энергетике, в том числе:

- изменения суммы и структуры доходов отдельных отраслей топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и энергетического машиностроения;
- изменения совокупной занятости и налоговых поступлений от этих отраслей с учетом прогнозируемых трендов технико-экономических параметров новых энергетических технологий.

Иными словами, необходимо ответить на следующие вопросы: что несет России возможная смена технологических укладов в энергетике[3] и какие активные меры следует предпринять, чтобы российская экономика по возможности выиграла от такой смены. На основе такого анализа появится возможность более корректно планировать развитие новых отраслей энергетики и энергетического машиностроения в стране, формировать научно обоснованную государственную политику в отношении развития производства оборудования для новых отраслей энергетики, включая опережающее создание производственных мощностей, политику стимулирования процессов обновления генерирующего оборудования и энергетических технологий, а также политику привлечения в страну высокотехнологичных производств.

Упрощенная модель вклада ТЭК и энергетического машиностроения в ВВП России

Пусть тариф, то есть цена единицы энергии (например, кВт·ч) $p_э$, складывается из следующих составляющих:

1) приведенных к единице произведенной энергии затрат на владение соответствующим энергетическим оборудованием, то есть приведенных затрат на приобретение оборудования, проектно-изыскательские, строительно-монтажные, пусконаладочные работы (ПИР, СМР, ПНР соответственно), а также на его техническое обслуживание и ремонт (ТО и Р), обозначаемых $c_{маш}$, поскольку в первом приближении можно считать, что эти затраты и составляют доход энергетического машиностроения и других отраслей, создающих

[3] Существуют и другие аспекты развития новых технологий в энергетике, принципиально важные для российской экономики. Энергосбережение и распространение возобновляемых источников доступной энергии повлияет на глобальную конкурентоспособность прочих отраслей российского народного хозяйства, возможно, позволит отчасти компенсировать природно-климатические проблемы страны. Однако эти аспекты остаются за рамками данной работы. Здесь предполагается исследовать возможные сценарии развития ТЭК и энергетического машиностроения.

мощности в энергетике и обеспечивающих их безопасную эксплуатацию[4];

2) приходящихся на единицу выработанной энергии затрат на приобретение энергоносителей (топлива) $c_{топ}$, составляющих доход топливной промышленности (более детально их можно представить в виде произведения удельного расхода топлива на единицу энергии g и цены топлива $p_{топ}$: $c_{топ} = p_{топ} \cdot g$;

3) приведенных к единице энергии собственных затрат энергетических компаний (прежде всего на оплату труда персонала) и их прибыли, заложенной в тариф, $c_э$. Таким образом, $p_э = c_э + c_{маш} + c_{топ} = c_э + c_{маш} + p_{топ} \cdot g$.

Предположим, что спрос на энергию зависит убывающим образом от тарифа:

$Q_э = Q_э(p_э)$, $\partial Q_э/\partial p_э < 0$.

При этом эластичность спроса на энергию по тарифу может быть различной на разных участках зависимости $Q_э(p_э)$. Традиционно принято считать, что спрос на энергию как на благо первой необходимости неэластичен. Однако, во-первых, энергия используется не только в качестве потребительского блага конечного использования, но и в качестве продукта производственного назначения. И ее удорожание вполне может, особенно в долгосрочной перспективе, стимулировать переход к иным, менее энергоемким технологиям. Напротив, удешевление энергии может вызвать переход к более энергоемким технологиям, в рамках которых энергия может замещать прочие производственные ресурсы – живой труд, землю, иные природные ресурсы (например, пресную воду – при наличии доступной энергии можно опреснять морскую) и др. Во-вторых, и в сфере потребительских благ конечного пользования потребители могут переключаться на более энергоемкие технологии, причем достаточно резко, по достижении тарифом определенных пороговых уровней.

Рассмотрим глобальные рынки энергии, топлива и энергетического оборудования. Обозначим потоки выручки на этих рынках соответственно

$R_э = p_э \cdot Q_э$;

$R_{топ} = c_{топ} \cdot Q_э = p_{топ} \cdot g\, Q_э$;

$R_{маш} = c_{маш} \cdot Q_э$,

причем, как уже обсуждалось,

$Q_э = Q_э(p_э) = Q_э\,(c_э + c_{маш} + c_{топ})$.

Новый технологический уклад в энергетике, как ожидается, должен повысить доступность энергии, то есть $p'_э < p_э$, что соответственно вызывает рост спроса на энергию: $Q_э(p'_э) > Q_э(p_э)$. Как при этом изменятся доходы топливной промышленности и энергетического машиностроения?

В основном новые энергетические технологии призваны сократить удельный расход топливных ресурсов: $g' < g$, либо обеспечить использование более доступных энергоносителей[5]: $p'_{топ} < p_{топ}$. Так или иначе, как правило, предполагается сокращение затрат на приобретение энергоносителей в расчете на единицу энергии: $c_{топ} < c'_{топ}$. В принципе это отнюдь не означает сокращения совокупных доходов топливной промышленности, напротив, вполне возможно, что они возрастут: $R_{топ} > R'_{топ}$. Впервые такой парадокс был описан еще в XIX в. одним из основоположников классической политэкономии У.С. Джевонсом (применительно к рынку угля, обороты которого бурно росли, несмотря на растущую экономичность паровых машин[6]). Такой эффект, объясняющийся именно высокой эластичностью спроса на энергию при переключении на более энергоемкие технологии (вследствие удешевления топлива или сокращения его удельного расхода), называется *парадоксом Джевонса*, или *эффектом рикошета*. Он был всесторонне изучен как эмпирически, так и аналитически[7] [10–12]. Условие повышения доходов топливной промышленности в рамках введенных здесь условных обозначений можно выразить следующим образом:

[4] Строго говоря, многие отрасли, выпускающие оборудование для новых видов энергетики, не относятся к машиностроительному комплексу – например, производители солнечных батарей (фотоэлектрических) относятся скорее к электронной промышленности и т.д.

[5] При этом возможно, что снижения номинальных цен на топливо и не произойдет – скорее новые возобновляемые источники энергии (такие, как, например, различные виды биотоплива, см. [9]) призваны заместить традиционные энергоносители, которые по мере их исчерпания будут дорожать по объективным экономическим причинам, подробнее см.: *Фридман А.А.* Экономика истощаемых природных ресурсов: учеб. пособие. М.: ИД ГУ ВШЭ, 2010.

[6] *Иванов Ю.Н.* Теоретическая экономика. Очерк экономических доктрин. Теория потребления: учеб. пособие. М.: Наука, Физматлит, 1997. 128 с.

[7] *Herring H.* “Rebound effect”. In: Encyclopedia of Earth. Eds. Cutler J. Cleveland. Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment. 2008. URL: http://eoearth.org/article/Rebound_effect.

$R_{топ} > R'_{топ}$ при условии

$$\frac{Q_э(p'_э)}{Q_э(p_э)} > \frac{c_{топ}}{c'_{топ}} .$$

Что касается доходов энергетического машиностроения, они практически наверняка должны возрасти при переходе к новому технологическому укладу. Как правило, сокращение потребности в топливных ресурсах достигается за счет использования более сложного и дорогостоящего оборудования. На его цену влияет как стоимость производства, так и значительные затраты на исследования и разработки. Именно поэтому практически определенно можно утверждать, что $c'_{маш} > c_{маш}$ (но при этом все равно $p'_э < p_э$ благодаря экономии затрат на топливные ресурсы). Поскольку $Q_э(p'_э) > Q_э(p_э)$, доходы производителей энергетического оборудования возрастут:

$R'_{маш} > R_{маш}$.

Как уже отмечалось, при эластичном спросе на энергию совокупные доходы трех рассматриваемых отраслей (топливной промышленности, энергетического машиностроения и собственно энергетики) возрастут при переходе к новому технологическому укладу:

$$R'_э = R'_{топ} + R'_{маш} + C'_э > R_э = R_{топ} + R_{маш} + C_э,$$

где $C_э = c_э \cdot Q_э$ – доход собственно энергетической отрасли, включающий в себя ее прибыль и покрытие собственных издержек (прежде всего на оплату труда эксплуатационного и административно-управленческого персонала). Он (в общем случае) может изменяться в любую сторону при переходе к новому технологическому укладу.

Совокупный доход трех перечисленных выше отраслей соответствует их вкладу в ВВП, поскольку отражает стоимость конечных товаров и услуг, произведенных в рамках системы «энергетика – топливная промышленность – энергетическое машиностроение». Сосредоточимся на вкладе в российский ВВП двух отраслей – топливной промышленности и энергетического машиностроения. Введем доли российских производителей на мировых рынках топливных ресурсов $\alpha_{топ}$ и энергетического оборудования $\alpha_{маш}$. Причем, поскольку рассматриваются глобальные рынки, соответствующие доли включают в себя не только долю России именно в международном товарообмене на рынках топлива и энергетического оборудования, но и долю российских производителей в мировых объемах продаж, включая российские рынки, внутренние рынки зарубежных стран и собственно сферу международного товарообмена.

Таким образом, вклад вышеуказанных отраслей в российский ВВП, составлявший изначально $\Delta Y^{РФ} = \alpha_{топ} \cdot R_{топ} + \alpha_{маш} \cdot R_{маш}$, изменится до уровня $\Delta Y'^{РФ} = \alpha'_{топ} \cdot R'_{топ} + \alpha'_{маш} \cdot R'_{маш}$. Как он соотносится с изначальным уровнем? Целесообразно найти пороговую долю российских производителей на мировом рынке энергетического оборудования в рамках нового технологического уклада, минимально необходимую для того, чтобы суммарный вклад в ВВП топливной промышленности и энергетического машиностроения не сократился:

$\Delta Y'^{РФ} \geq \Delta Y^{РФ}$ при $\alpha_{маш} \geq \alpha'_{маш\,(min)}$.

Эту пороговую долю можно выразить следующим образом:

$$\alpha'_{маш(min)} = \frac{\alpha_{топ} R_{топ} - \alpha'_{топ} R'_{топ} + \alpha_{маш} R_{маш}}{R'_{маш}} .$$

Раскрывая выражения для доходов отдельных отраслей, получим следующее выражение:

$$\alpha'_{маш(min)} = \frac{\alpha_{топ} p_{топ} g Q_э - \alpha'_{топ} p'_{топ} g' Q'_э + \alpha_{маш} c_{маш} Q_э}{c'_{маш} Q'_э} =$$

$$= \left(\alpha_{маш} \frac{c_{маш}}{c'_{маш}} + \alpha_{топ} \frac{c_{топ}}{c'_{топ}} \frac{c'_{топ}}{c'_{маш}} \right) \frac{Q_э}{Q'_э} - \alpha'_{топ} \frac{c'_{топ}}{c'_{маш}} =$$

$$= \alpha_{маш} \frac{c_{маш}}{c'_{маш}} \frac{Q_э}{Q'_э} + \left[\alpha_{топ} \frac{R_{топ}}{R'_{топ}} - \alpha'_{топ} \right] \frac{c'_{топ}}{c'_{маш}} .$$

Разумеется, удельные величины, фигурирующие в предложенной модели (удельные затраты на топливо и оборудование в расчете на единицу энергии, а также доли рынков), имеют смысл средневзвешенных по стране или миру в целом, по всем отраслям энергетики. Очевидно, что в рамках любого технологического уклада могут сосуществовать в различных пропорциях разные отрасли энергетики и энергетические технологии. Даже к началу XXI в., несмотря на развитие атомной энергетики и ряда отраслей зеленой энергетики, использовалось, например, печное отопление и сходные технологии доиндустриальной эпохи. В силу неоднородности природных, климатических, поселенческих и иных

характеристик территорий, а также неоднородности технологий в различных отраслях народного хозяйства, и в дальнейшем далеко не везде будет целесообразным переход к инновационным экологически чистым источникам энергии. Именно поэтому, даже если в новых технологических укладах существенно вырастет доля последних (теоретически не требующих топлива, как, например, солнечная или ветроэнергетика), на макроуровне соответствующий удельный расход топлива не упадет до нуля: $g' > 0$. Соответственно не упадут до нуля и доходы топливной промышленности, в том числе тех ее отраслей (нефтяной и газовой промышленности), которые в настоящее время обеспечивают значительную часть экспортных доходов России. Однако удельный вес этих технологий может сократиться настолько, что нынешние импортеры российских энергоресурсов могут ограничиться собственными их источниками, то есть $\alpha'_{топ} << \alpha_{топ}$ (впрочем, возможно и обратное – если российские топливные ресурсы окажутся дешевле собственных даже с учетом транспортировки и политические критерии принятия решений не возобладают над экономическими).

Проведем качественный анализ порядка величины искомой пороговой доли и ее зависимости от параметров модели, поскольку в силу принятых допущений об особенностях новых технологий в энергетике удельные затраты на оборудование в расчете на единицу энергии возрастут: $c'_{маш} > c_{маш}$. Также предполагается, что энергия станет доступнее и спрос на нее возрастет, то есть $Q'_э > Q_э$. Таким образом, исходная доля российских производителей на рынках энергетического оборудования $\alpha_{маш}$ (сама по себе малая) войдет в итоговое выражение с множителем, заведомо меньшим 1, и первое слагаемое внесет незначительный вклад в итоговое значение пороговой доли $\alpha'_{маш(min)}$. В то же время нынешняя доля России на мировом рынке топливных ресурсов $\alpha_{топ}$ (имеющая порядок величины 12–15%, см., например, [2, 3], то есть многократно превышающая $\alpha_{маш}$) фигурирует в квадратных скобках с множителем, равным отношению доходов топливной промышленности при нынешнем и при новом технологических укладах. Как уже обсуждалось, в принципе это отношение может быть и ниже 1, если имеет место эффект рикошета (то есть удешевление энергии вызовет скачкообразное переключение на более энергоемкие технологии в производстве и в потребительском секторе). И чем сильнее будет выражен эффект рикошета, тем ниже будет требуемый порог доли на рынках энергетического оборудования. В противном случае множитель перед $\alpha_{топ}$ будет больше 1, что, например, практически наверняка будет иметь место при массовом внедрении альтернативных энергетических технологий, не требующих сжигания топлива. Вычитаемое в квадратных скобках, доля России на мировом рынке топлива при новых технологиях, как уже отмечалось, может быть как выше нынешней доли, так и ниже нее в зависимости от конкурентоспособности российской топливной промышленности на мировом рынке. Рост этой доли понижает требуемый порог доли российских производителей на мировом рынке энергетического оборудования. Что касается множителя перед квадратной скобкой, то в силу принятых допущений, вероятнее всего, $c'_{маш} >> c'_{топ}$ при переходе к радикально новому технологическому укладу, при котором доли затрат на оборудование и на топливо поменяются местами, в сравнении с нынешним положением дел. Если же изменения структуры энергетики будут более эволюционными, вполне возможно, что соотношение останется в пользу затрат на топливо: $c'_{маш} < c'_{топ}$.

Сценарный анализ развития мировой энергетики и обоснование целевой доли России на мировых рынках энергетического оборудования

В качестве примера можно рассмотреть несколько характерных сценариев развития мировой энергетики – разумеется, в обобщенном виде, на уровне введенных в данной модели параметров – и оценить целевые доли рынка энергетического оборудования, которые должны занять российские производители для сохранения за нашей страной значимого места и в будущем энергетическом укладе.

Примем следующие значения исходных данных. Пусть изначально российская топливная промышленность занимала $\alpha_{топ} = 15\%$ на мировом рынке энергоносителей. Долю на мировом рынке энергетического оборудования примем равной $\alpha_{маш} = 2\%$ (как показывает параметрический анализ, ее изменения в пределах нескольких процентов оказывают пренебрежимо малое влияние на результаты расчетов). Будущую долю России на мировом топливном рынке примем вначале равной $\alpha'_{топ} = 10\%$.

Теперь предположим, что в новом технологическом укладе удельные затраты на оборудование возросли вдвое по сравнению с исходным[8]: $c'_{маш}/c_{маш}$ = 2. Удельные расходы на топливо (за счет его удешевления и/или сокращения удельного расхода на единицу продукции) снизились в масштабах всей экономики[9] впятеро: $c'_{топ}/c_{топ}$ = 5. Таким образом, рассматривается весьма радикальный переход к ресурсосберегающим энергетическим технологиям в основном на основе возобновляемых источников, а не сжигания ископаемого топлива. В то же время предполагается, что оборудование для этих новых видов энергетики является весьма дорогостоящим по сравнению с ныне используемым в традиционной энергетике. Такое положение дел может быть характерным для начальных стадий инновационного развития новых видов энергетики. Пусть соотношение удельных затрат на топливо и на оборудование в новом технологическом укладе составляет $c'_{топ}/c'_{маш} = 0{,}2$. Соответственно это означает, что суммарные удельные затраты на топливо и на оборудование сократились по сравнению с исходным технологическим укладом в 1,25 раза (см. формулу).

$$\frac{1+\dfrac{c'_{топ}}{c_{топ}}\dfrac{c'_{маш}}{c'_{топ}}\dfrac{c_{маш}}{c'_{маш}}}{\dfrac{c'_{топ}}{c_{топ}}\cdot\left(1+\dfrac{c'_{маш}}{c'_{топ}}\right)} = 1{,}25 \text{ раза.}$$

В первом приближении можно, пренебрегая изменением собственных затрат энергетики $c_э$, считать, что и тариф сократился во столько же раз[10]. В общем случае вызванный таким удешевлением энергии рост ее потребления $Q'_э/Q_э$ может быть практически любым в зависимости от эластичности спроса на энергию по тарифу. При достаточно сильном удешевлении энергии эластичность может быть и выше 1 (по абсолютной величине), что вызвано массовым переключением потребителей на более энергоемкие технологии, в рамках которых энергия замещает другие ресурсы. Поэтому прирост потребления энергии $Q'_э/Q_э$ следует рассматривать как свободный параметр, наименее определенный в рамках будущих сценариев развития энергетики и связанных с ней прочих отраслей экономики. Полученный в рамках предложенной здесь модели график зависимости пороговой доли российских производителей на мировом рынке энергетического оборудования $\alpha'_{маш(min)}$ от относительного прироста потребления энергии $Q'_э/Q_э$ изображен на рис. 1.

Поскольку сокращение стоимости энергии в 1,25 раза не является радикальным, вероятнее всего, и относительный прирост потребления энергии не превысит 1,5. Таким образом, в рамках данного сценария представляет интерес левая часть графика. Целевая доля российских производителей энергетического оборудования составит приблизительно 9–14%, что незначительно ниже нынешней доли России на мировом рынке энергоносителей, потери доходов от которого и призвано заместить развитие производства энергетического оборудования.

Предположим теперь, что благодаря накоплению опыта разработчикам и производителям удалось снизить удельную стоимость оборудования вдвое по сравнению с предыдущим сценарием (этот случай соответствует уже стадии зрелости новых энергетических технологий[11]). То есть теперь $c'_{маш}/c_{маш}$ = 1 (заметим, что отношение $c'_{топ} > c'_{маш}$ при неизменных по сравнению с предыдущим сценарием удельных затратах на топливо возрастает до 0,4), а затраты на единицу энергии сократились по сравнению с нынешним технологическим укладом в $p'_э/p_э$ = 15/7 раза, то есть более чем вдвое. Построенный для данного

[8] Реальные значения этого отношения можно оценить на основе статистических данных об удельной стоимости генерирующего оборудования в расчете на единицу мощности (см., например, [13, 14]). В то же время следует учитывать два обстоятельства. Во-первых, в модели используются именно удельные затраты в расчете на единицу выработанной энергии, то есть отношение удельных затрат на единицу мощности следует умножить на отношение долговечности или ресурса генерирующего оборудования. Во-вторых, во многих видах альтернативной энергетики наряду с собственно генерирующим оборудованием требуется весьма дорогостоящее оборудование для накопления энергии (в целях компенсации неравномерности ее генерации – например, в солнечной и ветроэнергетике) и т.п.

[9] В которой, напомним, могут сосуществовать в различных пропорциях энергетические технологии различных поколений. Таким образом, в пять раз сократились именно средневзвешенные по всей экономике удельные затраты на топливо.

[10] Как следует из приведенной формулы, далеко не любые сочетания относительных изменений параметров модели вообще могут быть признаны удовлетворительными – разумеется, если исходить из того, что новые технологии должны повышать доступность энергии.

[11] Предполагается, что будет иметь место типичная динамика развития технологий, то есть по мере их освоения будет возрастать их эффективность (см.: *Нижегородцев Р.М.* Экономика инноваций. Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2014. 140 с.), а кроме того, проявится эффект обучения в производстве и оборудование будет дешеветь по мере увеличения накопленного опыта [15].

сценария график зависимости $\alpha'_{маш(min)}$ от $Q'_э/Q_э$ (аналогичный рис. 1) представлен на рис. 2. Но теперь поскольку энергия стала существенно дешевле, более вероятными представляются большие значения прироста потребления энергии (возможно, на уровне 2–3), то есть интерес представляет правая часть графика. Целевая доля рынка энергетического оборудования (теперь гораздо более емкого) сокращается до 7–12%.

В рамках двух рассмотренных сценариев, соответствующих радикальному замещению традиционных энергетических технологий, сопряженных со сжиганием топлива, альтернативными технологиями на основе возобновляемых источников энергии, будущая доля России на мировом топливном рынке $\alpha'_{топ}$ слабо влияет на результаты расчетов, поскольку сам по себе топливный рынок теряет значимость. Однако, особенно в ближней перспективе, весьма вероятен иной сценарий развития мировой энергетики, в рамках которого топливная промышленность по-прежнему будет играть важную роль. Но, во-первых, удельные затраты на оборудование возрастут – например, по причине освоения более труднодоступных месторождений нефти и газа (на морском шельфе и т.п.), трудноизвлекаемых запасов (так называемых *сланцевых* нефти и газа, подробнее см. [16, 17]). Во-вторых, доля России на новых топливных рынках может сократиться. С одной стороны, само по себе освоение вышеописанных месторождений может быть экономически целесообразным именно как использование локальных ресурсов, позволяющее избежать транспортировки энергоносителей из России и других стран-поставщиков. Последнее позволяет компенсировать более высокие затраты собственно на добычу сырья. С другой стороны, во многом освоение таких месторождений вполне может преследовать именно цель изоляции потребителей от России. Строго говоря, в рамках такого «нового энергетического уклада» стоимость энергии может и возрастать по сравнению с исходным уровнем. Здесь не рассматриваются глобальные экономические аспекты такой политики и ее движущие силы – это предмет особого анализа.

Рассмотрим подобный сценарий, предположив, что удельная стоимость оборудования возросла в 1,5 раза: $c'_{маш}/c_{маш}$ = 1,5; удельные топливные затраты сократились в $c_{топ}/c'_{топ}$ = 1,25 раза, а отношение удельных затрат на топливо и оборудование при новых технологиях составляет $c'_{топ}/c'_{маш}$ = 1,5. Можно убедиться, что при таких значениях параметров модели суммарные затраты на единицу энергии практически не изменились (строго говоря, сократились приблизительно на 2%). Следовательно, потребители не имеют экономических оснований увеличивать потребление энергии и $Q'_э \approx Q_э$. В данном сценарии наибольший интерес представляет зависимость пороговой доли рынка энергетического оборудования $\alpha'_{маш(min)}$ от той доли рынка топливных ресурсов $\alpha'_{топ}$, которую России удастся сохранить за собой в новом технологическом укладе. Именно эта величина теперь станет важнейшим фактором риска. График такой зависимости, построенный в рамках предложенной модели на основании приведенных здесь исходных данных, представлен на рис. 3.

В первом приближении можно оценить реалистичную долю России на мировом топливном рынке после перехода к «нефтегазовой экономике, но без России» на уровне не менее $\alpha'_{топ}$ = 6–8% вместо нынешних $\alpha_{топ}$ = 12–15%, поскольку, по официальным данным[12], в последние несколько лет в России экспортируется порядка 1/3 добываемого природного газа, а в общем объеме добычи нефти аналогичная доля составляет около половины (с учетом продажи нефтепродуктов – до 60–70%). Соответственно даже самый пессимистический сценарий полного прекращения экспорта этих товаров означает, что около половины прежнего объема реализации удастся сохранить. Однако при этом минимально необходимая доля рынка энергетического оборудования составляет $\alpha'_{маш(min)}$ = 15–20%, что вряд ли достижимо в ближайшей перспективе даже с учетом растущей активности российских производителей в сегменте строительства атомных электростанций.

Такой сценарий уже предъявляет к российской промышленности, в частности к производителям энергетического оборудования, гораздо более жесткие и даже невыполнимые требования. Фактически при технологиях, слабо отличающихся от нынешних, при которых рынки топливных ресурсов более весомы, чем рынки энергетического оборудования, за счет увеличения производства последнего, предполагается компенсировать потерю доходов от реализации первых. В связи с этим полностью оправданны усилия российских нефтегазовых компаний по диверсификации экспортных рынков, что

[12] См., например, данные Росстата (URL: http://gks.ru/bgd/free/B04_03/IssWWW.exe/Stg/d05/101.htm) и доклад Аналитического центра при Правительстве РФ «ТЭК России – 2014» (URL: http://ac.gov.ru/files/publication/a/5451.pdf).

позволяет минимизировать риск резкого падения экспорта по политическим причинам, а также способствует повышению переговорной силы российских экспортеров как на нынешних (прежде всего европейских), так и на новых (преимущественно азиатских) рынках. Разумеется, это не отменяет актуальности расширения экспорта оборудования для атомной энергетики и услуг по его монтажу, а также освоения производства оборудования для альтернативной энергетики с учетом прогнозов развития соответствующих технологий.

Параметрический анализ показывает, что результаты расчетов по предложенным моделям устойчивы к малым изменениям исходных данных. Соответственно качественные выводы не претерпят изменений, если реальные значения параметров модели будут незначительно отличаться от тех иллюстративных, но реалистичных значений, которые были приняты в рассмотренных выше сценариях.

В представленном анализе лишь оценивались потребные (для компенсации выпадающих доходов от продажи энергоносителей) доли мирового рынка энергетического оборудования, но не ставился вопрос о достижимости этих долей рынка. В то же время сегодня в большинстве отраслей энергетики конкурентные позиции российских производителей оборудования слабы (за исключением, пожалуй, атомной промышленности). Достижение конкурентоспособности на мировом (да и на внутреннем) рынке оборудования требует исследований и разработок в области новых энергетических технологий. Оценить их эффективность позволяет предложенная авторами модель влияния занимаемых долей рынков на вклад в ВВП России ТЭК и отраслей – производителей энергетического оборудования.

Что касается более долгосрочной перспективы, то вполне возможно, что развитие технологий получения «доступной энергии там, где она необходима» (а именно таков девиз инновационных технологий, которые в настоящее время исследуются, разрабатываются или внедряются в энергетике) окажет существенно большее влияние на экономику России, чем изменение рассматриваемого здесь вклада в ВВП топливной промышленности и энергетического машиностроения. Однако это влияние проявится не в рамках системы рассмотренных здесь двух отраслей, а за счет изменения конкурентоспособности прочих отраслей российского народного хозяйства (в том числе и более энергоемких, чем их зарубежные конкуренты, по объективным природно-климатическим причинам). Повышение доступности энергии может потребовать адаптации структуры национальной экономики, позволяющей оптимально использовать новые возможности. Такие долгосрочные аспекты являются предметом отдельного рассмотрения.

Выводы

Проведенные сценарные расчеты показали, что при переходе к новому энергетическому укладу, в основном базирующемуся на возобновляемых источниках энергии, что позволяет снизить удельные затраты на топливные ресурсы в 3–5 раз, но повышает удельные затраты на оборудование в два раза по сравнению с нынешним уровнем, компенсация выпадающих доходов российской экономики от продажи энергоносителей возможна лишь при условии достижения отечественными производителями доли мирового рынка энергетического оборудования не менее 9–14%. По мере развития технологий нового технологического уклада и удешевления оборудования в два раза по сравнению с начальным уровнем требуемая доля рынка энергетического оборудования может снизиться до 7–12%.

В рамках более вероятного в ближнесрочной перспективе сценария перехода стран Запада на преимущественное использование собственных топливных ресурсов компенсация выпадающих доходов от экспорта энергоносителей возможна лишь при увеличении доли России на мировом рынке энергетического оборудования до нереалистичных значений порядка 20–30%. Именно поэтому оправданна политика, нацеленная на недопущение резкого снижения экспорта топливных ресурсов путем диверсификации рынков и маршрутов транспортировки.

Возможное влияние новых технологических укладов в энергетике на экономику России (в том числе и сокращение доходов в случае технологического отставания от зарубежных конкурентов) может многократно превышать изменения вклада в ВВП топливной промышленности и энергетического машиностроения за счет изменения глобальной конкурентоспособности прочих отраслей народного хозяйства.

Рисунок 1

Минимально необходимая доля российских производителей энергетического оборудования на мировом рынке (сценарий 1)

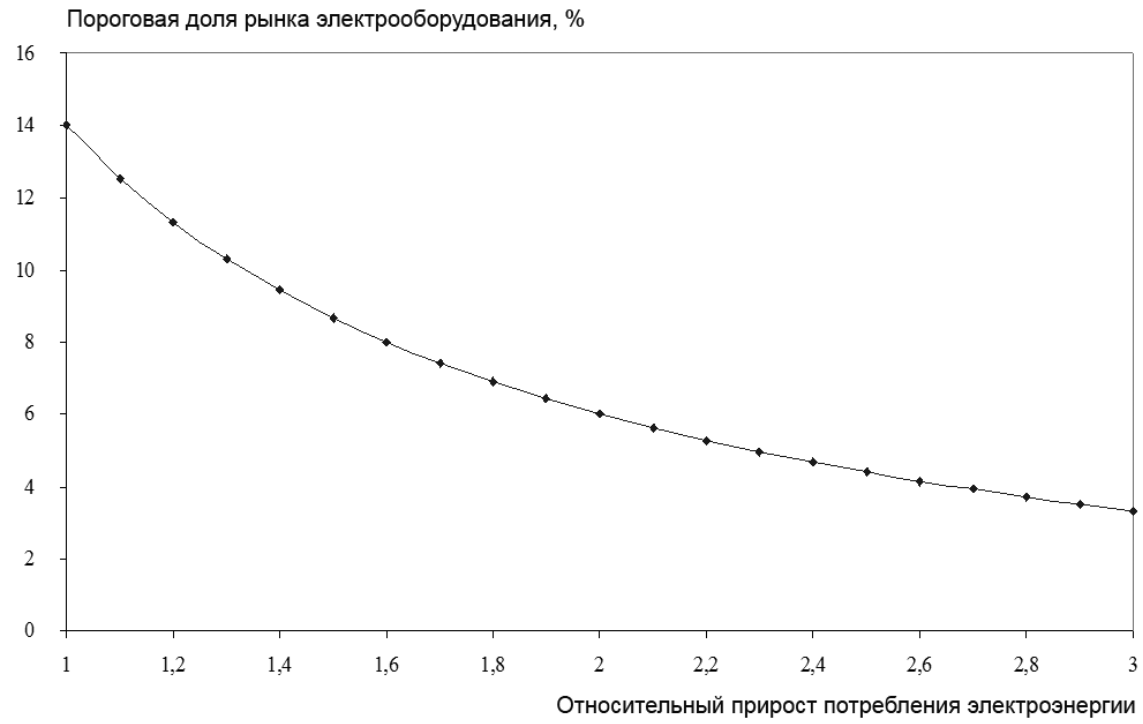


Рисунок 2

Минимально необходимая доля российских производителей энергетического оборудования на мировом рынке (сценарий 2)

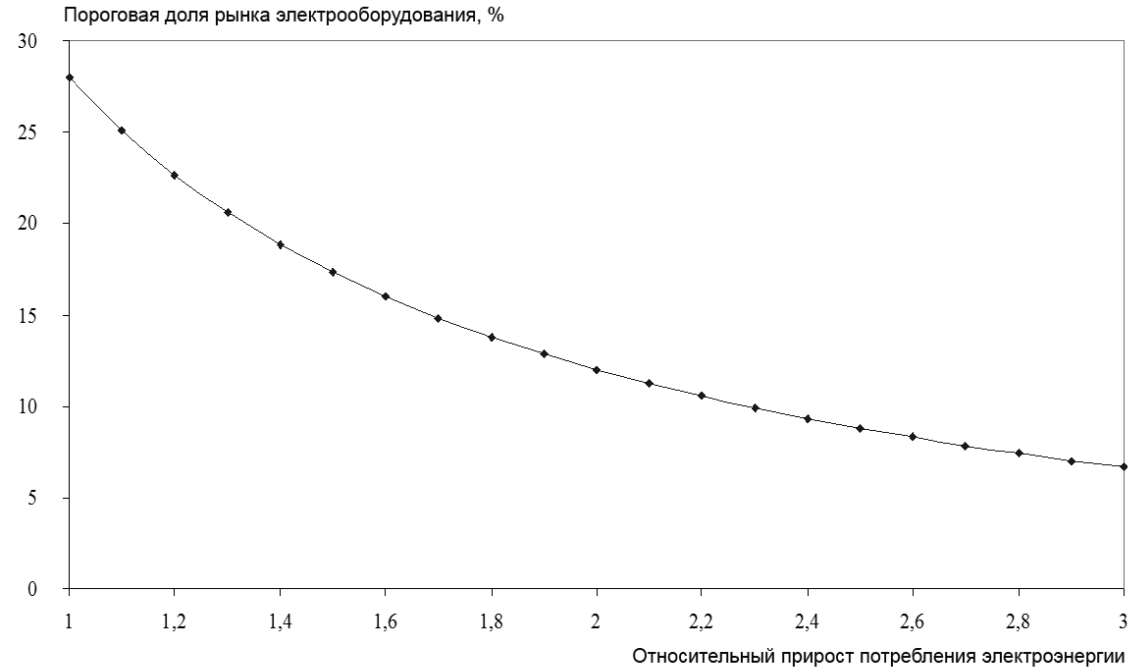
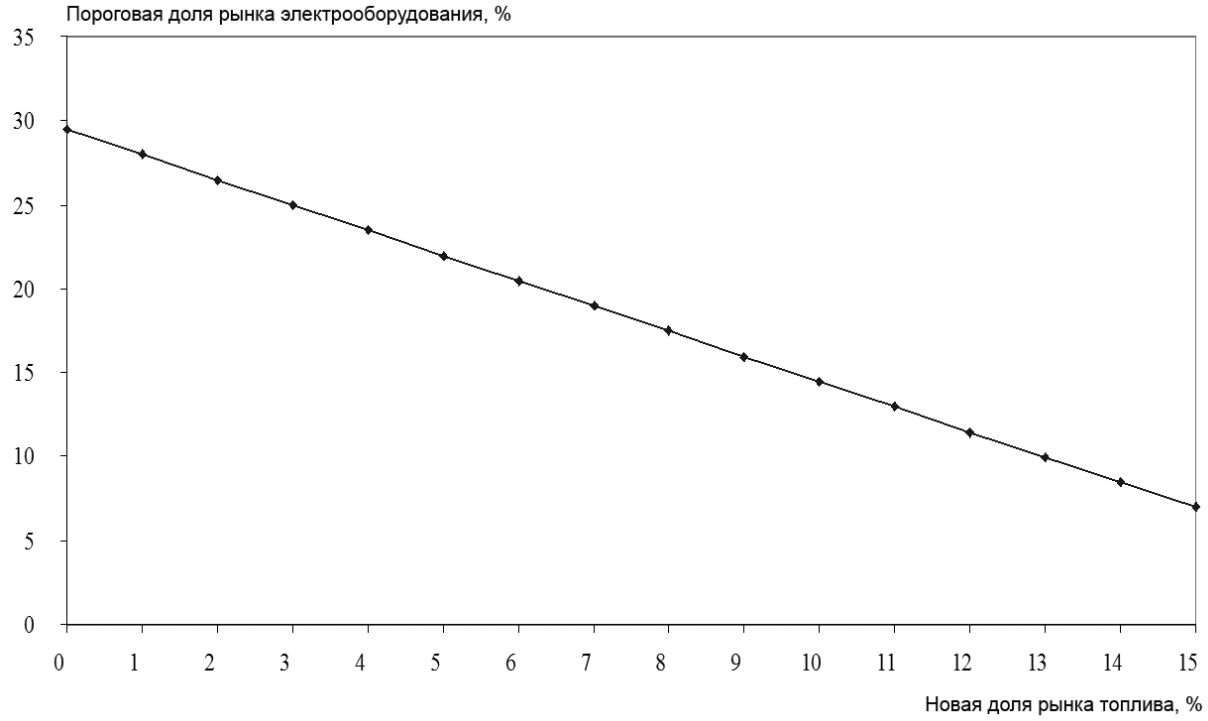


Рисунок 3

Минимально необходимая доля российских производителей энергетического оборудования на мировом рынке (сценарий 3)



Список литературы

1. *Плакиткин Ю.А.* Мировая энергетика – закономерности глобального развития // Экономические стратегии. 2012. № 1. С. 24–33.
2. *Долгушев Д.В.* Особое место России на мировом энергетическом рынке // Вестник Томского государственного университета. 2008. № 2. С. 93–104.
3. *Жизнин С.З.* Энергетическая дипломатия России: экономика, политика, практика. М.: Ист Брук, 2005. 638 с.
4. *Черкасенко А.И.* Развитие внешнеэкономических отношений в ядерно-энергетической отрасли в условиях глобализации // Проблемы современной экономики. 2006. № 1-2. С. 103–110.
5. *Vivoda V.* Diversification of oil import sources and energy security: a key strategy or elusive objective // Energy Policy. 2009. Vol. 37. № 11. P. 4615–4623.
6. *Konoplyanik A.* Energy security and the development of international energy markets. Energy security: managing risk in a dynamic legal and regulatory environment. Oxford: Oxford University Press, 2004. P. 47–84.
7. *Constantini V., Gracceva F., Markandya A., Vicini G.* Security of energy supply: comparing scenarios from a European perspective // Energy Policy. 2007. Vol. 35. № 1. P. 210–226.
8. *Gnansounou E.* Assessing the energy vulnerability: case of industrialized countries // Energy Policy. 2008. Vol. 36. № 10. P. 3734–3744.
9. *Дейл Б., Хьюбер Дж.* Самое зеленое топливо // В мире науки. 2011. № 9. С. 26–33.
10. *Болбот Е.А., Клочков В.В.* Системный анализ рисков внедрения «зеленых» технологий // Экономика природопользования. 2012. № 1. С. 78–100.
11. *Saunders H.* The Khazzoom-Brookes Postulate and Neoclassical Growth // Energy Journal. 1992. Vol. 13. Iss. 4. P. 131–148.

12. *Vikström P.* Energy efficiency and Energy Demand: A Historical CGE Investigation on the Rebound Effect in the Swedish Economy. Umea, Sweden: Umeå University, 2004.

13. *Шкрадюк И.Э.* Тенденции развития возобновляемых источников энергии в России и мире. М.: WWF России, 2010. 88 с.

14. *Blanco M.I.* The economics of wind energy // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009. Vol. 13. № 6-7. P. 1372–1382.

15. *Strubegger M., Reitgruber I.* Statistical Analysis of Investment Costs for Power Generation Technologies. In: IIASA Workpapers WP-95-109. Laxenburg, International Institute for Applied Systems Analysis, 1995.

16. *Luft G.* What does America's shale gas revolution mean for China? // Journal of Energy Security. 2013. № 7.

17. *Иванов Н.А.* Сланцевая Америка: энергетическая политика США и освоение нетрадиционных нефтегазовых ресурсов. М.: Магистр, 2014. 304 с.

ISSN 2311-875X (Online)
ISSN 2073-2872 (Print)

Sustainable Development of Economy

ISSUES OF SUBSTITUTING LOST INCOME OF THE RUSSIAN ECONOMY FROM EXPORTS OF ENERGY RESOURCES WHEN CHANGING TECHNOLOGICAL MODES IN THE POWER ENGINEERING SECTOR

Vladislav V. KLOCHKOV[a,•], Maksim N. DANILIN[b]

[a] Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
vlad_klochkov@mail.ru

[b] Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
maksdanilin@gmail.com

[•] Corresponding author

Article history:
Received 31 August 2015
Accepted 8 September 2015

JEL classification: F02, O33, Q42, Q43

Keywords: green energy, power engineering, export, cost structure, trends, technological development

Abstract

Importance The research analyzes how changes in technological modes of the power engineering sector influence the Russian economy.

Objectives The research assesses how lost income of the Russian economy depends on export of energy resources when the power engineering sector switches to new technological modes. We also determine the target share of the Russian producers in the global markets of energy equipment, which would help compensate the lost income.

Methods We propose a simplified model of total input the fuel and power engineering sectors make into Russia's GDP. The article overviews typical scenarios of technological development of the global power engineering in terms of changes in energy production costs.

Results When shifting to mainly renewable sources of energy, the Russian manufacturing sectors should occupy the same share in the global market of energy equipment as currently occupied in the global markets of energy sources. As the technologies progress, the required market share may shrink.

Conclusions and Relevance It will be reasonable to diversify the export markets of the Russian energy resources and enter the global market of construction of nuclear energy facilities in the short run. In the long run, an increase in energy affordability and reduction in energy consumption rates of technologies in other sectors may indirectly influence the Russian economy, and this effect may be much stronger than changes in revenues of the fuel and energy sector and power engineering sector.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2015

Acknowledgments

The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant No. 15-06-06360.

References

1. Plakitkin Yu.A. Mirovaya energetika – zakonomernosti global'nogo razvitiya [Global energy sector: patterns of global development]. *Ekonomicheskie strategii = Economic Strategies*, 2012, no. 1, pp. 24–33.
2. Dolgushev D.V. Osoboe mesto Rossii na mirovom energeticheskom rynke [Russia's special role in the world energy market]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta = Tomsk State University Journal*, 2008, no. 2, pp. 93–104.
3. Zhiznin S.Z. *Energeticheskaya diplomatiya Rossii: ekonomika, politika, praktika* [Energy diplomacy of Russia: economics, policy, practice]. Moscow, Ist Bruk Publ., 2005, 638 p.
4. Cherkasenko A.I. Razvitie vneshneekonomicheskikh otnoshenii v yaderno-energeticheskoi otrasli v usloviyakh globalizatsii [Developing foreign trade relations in the nuclear energy sector during globalization]. *Problemy sovremennoi ekonomiki = Problems of Modern Economics*, 2006, no. 1-2, pp. 103–110.
5. Vivoda V. Diversification of Oil Import Sources and Energy Security: a Key Strategy or Elusive Objective. *Energy Policy*, 2009, vol. 37, no. 11, pp. 4615–4623.
6. Konoplyanik A. Energy Security and the Development of International Energy Markets. Energy Security: Managing Risk in a Dynamic Legal and Regulatory Environment. Oxford, Oxford University Press, 2004, pp. 47–84.

7. Constantini V., Gracceva F., Markandya A., Vicini G. Security of Energy Supply: Comparing Scenarios from a European Perspective. *Energy Policy*, 2007, vol. 35, no. 1, pp. 210–226.

8. Gnansounou E. Assessing the Energy Vulnerability: Case of Industrialized Countries. *Energy Policy*, 2008, vol. 36, no. 10, pp. 3734–3744.

9. Dale B., Huber J. Samoe zelenoe toplivo [The Fuel of the Future is Grassoline]. *V mire nauki = In the World of Science*, 2011, no. 9, pp. 26–33.

10. Bolbot E.A., Klochkov V.V. Sistemnyi analiz riskov vnedreniya "zelenykh" tekhnologii [A systems analysis of the risk of the green technology implementation]. *Ekonomika prirodopol'zovaniya = Economy of Natural Resource Use*, 2012, no. 1, pp. 78–100.

11. Saunders H. The Khazzoom-Brookes Postulate and Neoclassical Growth. *The Energy Journal*, 1992, vol. 13, iss. 4, pp. 131–148.

12. Vikström P. Energy Efficiency and Energy Demand: A Historical CGE Investigation on the Rebound Effect in the Swedish Economy. Umea, Sweden, Umeå University, 2004.

13. Shkradyuk I.E. *Tendentsii razvitiya vozobnovlyaemykh istochnikov energii v Rossii i mire* [Trends in the development of renewable energy sources in Russia and worldwide]. Moscow, Russia's WWF Publ., 2010, 88 p.

14. Blanco M.I. The Economics of Wind Energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009, vol. 13, no. 6-7, pp. 1372–1382.

15. Strubegger M., Reitgruber I. Statistical Analysis of Investment Costs for Power Generation Technologies. *IIASA Workpaper*, WP-95-109. Laxenburg, International Institute for Applied Systems Analysis, 1995.

16. Luft G. What does America's Shale Gas Revolution Mean for China? *Journal of Energy Security*, 2013, no. 7.

17. Ivanov N.A. *Slantsevaya Amerika: energeticheskaya politika SShA i osvoenie netraditsionnykh neftegazovykh resursov: monografiya* [Slate America: energy policy of the United States and the development of unconventional oil and gas resources: a monograph]. Moscow, Magistr Publ., 2014, 304 p.