

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ В РОССИИ ПРОИЗВОДСТВА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ «ЗЕЛеноЙ» ЭНЕРГЕТИКИ\*

Светлана Валерьевна РАТНЕР<sup>а,\*</sup>, Владислав Валерьевич КЛОЧКОВ<sup>б</sup>

<sup>а</sup> доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экономической динамики и управления инновациями, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Российская Федерация  
lanarat@mail.ru

<sup>б</sup> 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

\* Ответственный автор

### История статьи:

Принята 10.09.2015

Одобрена 18.09.2015

УДК 338.2: 338.31: 338.45:  
339.13: 620.9

JEL: O33, Q42, Q47, Q48

### Ключевые слова:

энергетическое  
машиностроение, доля рынка,  
конкурентоспособность,  
производительность, эффект  
обучения

### Аннотация

**Тема.** В настоящее время многие ведущие мировые индустриальные державы рассматривают возобновляемую энергетику не только как способ снижения негативных экологических последствий и возможность достижения энергетической независимости, но и как мощный стимул экономического роста. Реализация крупных инвестиционных проектов в области ветровой и солнечной энергетики позволила многим странам в сжатые сроки создать новые секторы энергетического машиностроения, электроники и др. Поэтому предметом исследования являются возможные межотраслевые эффекты развития возобновляемой энергетики в России (на примере ветроэнергетики).

**Цели.** Разработка методов сценарно-параметрического прогнозирования для оценки перспектив создания и развития в России сектора ветроэнергетического машиностроения, ориентированного на удовлетворение потребностей преимущественно внутреннего рынка.  
**Методология.** Методологической основой исследования является концепция кривых обучения. В рамках этой теории оцениваются возможные объемы производства в России оборудования для «зеленой» энергетики и перспективы обеспечения конкурентоспособности таких производств. Строится прогноз себестоимости продукции с учетом эффекта обучения и эффектов масштаба производства. Количественные оценки значений указанных эффектов получены на основе анализа данных статистики по уровню капитальных затрат ветровых проектов.

**Результаты.** Предлагаемый в исследовании методический аппарат позволяет выполнять сценарные прогнозы развития отечественного энергетического машиностроения. Полученные с его помощью результаты показали, что доли рынка, на которые могут рассчитывать российские производители ветроэнергетического оборудования в случае реализации программ развития возобновляемой энергетики, заложенных в правительственных документах, гораздо ниже долей большинства ведущих мировых производителей ветроэнергетического оборудования и не позволяет обеспечить конкурентоспособного уровня себестоимости и цены российского ветроэнергетического оборудования. В случае достижения достаточных долей рынка (до 10%) на начальных этапах развития отечественного производства оборудования для ветровой энергетики средняя производительность труда может составлять 70–90% уровня ведущих мировых производителей. Прогресс в средней производительности труда можно компенсировать налоговыми льготами, стимулирующими предпринимателей к локализации таких производств в России.

**Значимость.** Полученные результаты могут быть использованы для корректировки государственной программы развития возобновляемой энергетики и ветроэнергетического машиностроения.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2015

### Введение

Мировая практика свидетельствует о том, что в современных социально-экономических условиях

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

предвидение трендов технологического развития и своевременная (а лучше, опережающая) адаптация к ним позволяют как отдельным компаниям, так и целым странам добиться устойчивого конкурентного преимущества на международных

рынках инновационной продукции и завоевать лидерские позиции в новом технологическом укладе. Поэтому проблемы технико-экономического прогнозирования развития приоритетных отраслей экономики в ситуациях технологического разрыва входят в число наиболее актуальных и в то же время сложных научных проблем теории и практики инновационного менеджмента.

В ситуации смены технологических укладов, когда новые технологии еще не обладают высокой коммерческой эффективностью, государство играет решающую роль в развитии новых отраслей — как путем государственной поддержки инициатив частного бизнеса, так и путем целенаправленного создания новых производств в перспективных отраслях (например, производства оборудования для новых отраслей энергетики).

Однако в настоящее время проблема прогнозирования и планирования технологического развития российской экономики зачастую решается фрагментарно, на уровне изолированных отраслей и секторов, нередко без учета возможностей развития взаимодействующих отраслей, наращивания производственных мощностей и решения проблем кадрового обеспечения.

Одним из примеров может служить программа развития энергетики, основные параметры которой заложены в распоряжении Правительства Российской Федерации от 13.11.2009 № 1715-р «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года» (далее — Энергостратегия).

Прогнозные параметры поэтапного изменения установленной мощности электростанций России, работающих на возобновляемых источниках энергии, и гидроаккумулирующих электростанций, таковы, что заданные темпы прироста могут быть обеспечены только при условии закупки существенной части спектра генерирующего оборудования за рубежом. Для «большой» ветровой энергетики доля импортного оборудования в настоящее время близка к 100%, так как в настоящее время российские производители энергетического оборудования не имеют необходимых технологий и опыта для создания и серийного производства ветровых турбин большой мощности (более 500 кВт).

В то же время согласно Энергостратегии потребность отраслей топливно-энергетического комплекса к 2030 г. в основном должна удовлетворяться за счет российского оборудования. Доля импортных

машин в объеме закупаемого оборудования должна составить в конце первого этапа реализации Энергостратегии не более 12%, второго этапа — не более 8%, а к 2030 г. она должна снизиться до 3–5%. При этом прогнозируется, что российская промышленность освоит до 95–98% номенклатуры изделий для топливно-энергетического комплекса.

Поскольку первый этап реализации стратегии рассчитан на три года, то для обеспечения таких темпов роста возобновляемых мощностей уже в настоящее время в стране должно было производиться собственными силами от 600 турбин большой мощности (не менее 1,5 Мвт) в год.

Поздние корректировки Энергостратегии ставят несколько менее амбициозные цели развития возобновляемой энергетики (см., например, распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.05.2013 № 861-р «О внесении изменений в Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года» (далее — Распоряжение № 861-р)). Однако и в этих документах предполагается введение к 2020 г. 3 600 МВт ветровых мощностей и 1 520 МВт солнечных мощностей в основном за счет отечественных производителей (значение индекса локализации — 65–70% к 2020 г.). То есть налицо рассогласованность прогнозов и планов экономического развития отдельных отраслей, в том числе тесно взаимосвязанных.

При неизбежной (в долгосрочной перспективе) смене технологических укладов в энергетике экономическое и политическое положение России в мире будет в значительной степени определяться тем, насколько успешно удастся развить новые отрасли экономики, являющиеся ядром нового технологического уклада, удастся стране удержать лидирующие позиции на новых энергетических рынках (или превратиться в зависимого импортера). И если прогнозированию экономической (чаще всего в узком смысле, т.е. коммерческой) эффективности собственно новых технологий в энергетике посвящен обширный массив работ (см., например, обзорные работы [1–7]), то развитию отраслей, разрабатывающих и производящих соответствующее энергетическое оборудование, уделяется недостаточно внимания. Помимо коммерческой эффективности производства оборудования для новых отраслей энергетики необходимо уделить внимание макроэкономическим эффектам (вкладу в ВВП и влиянию на его

структуру), социальным аспектам (занятости, доходам работников и т.п.).

### Анализ влияния занимаемой доли мирового рынка энергетического оборудования на среднюю производительность труда

В силу технико-экономических особенностей машиностроения (в том числе энергетического) как наукоемкой и высокотехнологичной отрасли промышленности рентабельность предприятий достижима лишь при условии достижения значительных объемов продаж и доли рынка. Такие отрасли (см., например, [8]) характеризуются высокими постоянными затратами на исследования и разработки, а также выраженным эффектом обучения (подробнее см. [9]), позволяющим снизить предельные издержки по мере накопления опыта производства. Соответственно, с ростом масштабов выпуска продукции ее себестоимость значительно сокращается.

В связи с этим существует риск того, что организованные в России производства оборудования для новых отраслей энергетики не смогут стать конкурентоспособными в долгосрочной перспективе (в том числе и по цене), если будут работать лишь в расчете на внутренний российский рынок. Им необходимо обеспечивать сбыт своей продукции на глобальном рынке. Однако достижение значительной доли на мировом рынке может быть проблематичным, особенно на начальном этапе развития в России производства оборудования для новых отраслей энергетики.

Прежде всего необходимо определить, при каком пороговом уровне доли мирового рынка оборудования для «зеленой» энергетики создаваемые в России производства могут стать рентабельными. Для оценки этого порога предложена модель, развивающая методический подход, впервые предложенный группой российских исследователей<sup>1</sup>.

Рассматривается производство определенного вида оборудования, объемы выпуска измеряются в единицах. Квалификация работника характеризуется в любой момент текущей производительностью труда  $w$  (в натуральном выражении — ед. продукции/чел. в год), либо  $APL = w \cdot d$  (в стоимостном выражении), где  $d$  — добавленная

стоимость в расчете на единицу продукции (т.е. разность цены и материальных затрат на единицу продукции), которая в этой модели принимается фиксированной.

Добавленная стоимость предпочтительнее и корректнее для достижения целей настоящего исследования, чем выручка или выпуск продукции на одного занятого, поскольку учитывает возможность достижения высокой выручки при высоких же материальных затратах. Кроме того, на макроуровне один из основных показателей результативности работы национальной экономики — ВВП — как раз и складывается из добавленных стоимостей продуктов, произведенных на территории страны. Таким образом, оценивая среднюю производительность труда в терминах добавленной стоимости, фактически можно проанализировать вклад данного производителя в ВВП страны.

Помимо натуральной производительности труда введем трудоемкость производства единицы

продукции  $l = \frac{\eta}{w}$ , чел.-ч/ед. продукции, где

$\eta$  — средний фонд рабочего времени, ч/год. В наукоемком машиностроении, как и во многих высокотехнологичных отраслях промышленности, она изменяется по мере накопления опыта, благодаря эффекту обучения. Предположим, что трудоемкость производства единицы продукции изменяется на протяжении жизненного цикла продукта следующим образом. По мере накопления опыта удельные трудозатраты на очередную  $q$ -ю единицу продукции сокращаются с начального уровня  $l_0$  по следующему закону (такие зависимости называются *кривыми обучения*, см. [10]):

$$l(q) = l_0 (1 - \lambda)^{\log_2 q},$$

где  $\lambda$  — темп обучения.

Это наиболее распространенный в простейших моделях логарифмический вид кривой обучения, означающий, что при каждом удвоении накопленного опыта удельные трудозатраты на единицу продукции сокращаются на долю  $\lambda$ . Воспользуемся следующей приближенной формулой суммарных трудозатрат (чел.-ч) на выпуск единиц продукции  $Q$ , справедливой в тех случаях, когда кривая обучения имеет логарифмический вид:

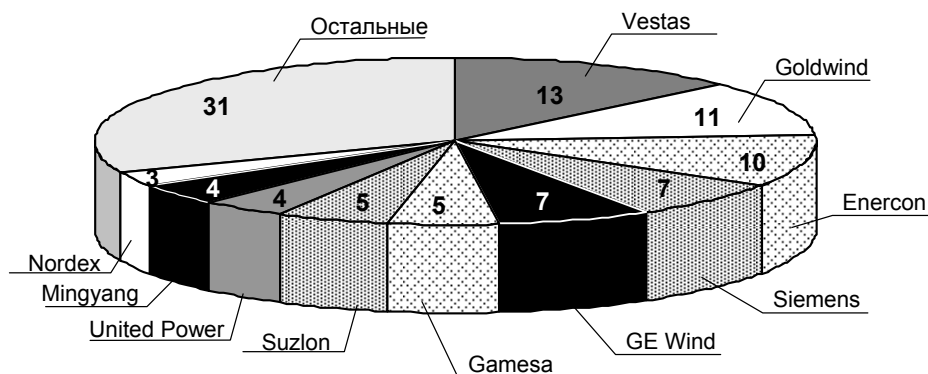
$$\sum_{q=1}^Q l(q) \approx l_0 \frac{Q^a}{a},$$

где  $a = 1 + \log_2(1 - \lambda) < 1$ .

<sup>1</sup> Молчанова Е.В., Критская С.С., Клочков В.В. Локализация высокотехнологичных производств и национальные интересы России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 35. С. 21–29.

Рисунок 1

Структура мирового рынка ветровых турбин в 2013 г. (согласно данным о стоимостных объемах продаж компаний-производителей), %



Тогда средняя трудоемкость производства единицы продукции может быть выражена следующим образом:

$$\bar{l}(Q) = \frac{\sum_{q=1}^Q l(q)}{Q} \approx l_0 \frac{Q^{\alpha-1}}{\alpha},$$

где  $Q$  — суммарный объем выпуска изделий за весь жизненный цикл (ЖЦИ);

$\alpha$  — доля данного производства на рынке.

В свою очередь  $Q$  определяется как  $Q = \alpha \cdot Q_{\Sigma}$ , где  $Q_{\Sigma}$  — суммарный объем продаж изделий данного типа за ЖЦИ.

Таким образом, при повышении объемов производства в  $x$  раз суммарные трудозатраты возрастут в  $x^{\alpha}$  раз, а средние трудозатраты (как натуральные, так и стоимостные, при фиксированной повременной ставке оплаты труда) на единицу продукции изменятся в  $x^{\alpha-1} = x^{\log_2(1-\lambda)}$  раз, т.е. сократятся, поскольку  $\log_2(1-\lambda) < 0$ .

Обобщая полученные выражения, можно оценить среднюю производительность труда на предприятии на протяжении ЖЦИ:

$$APL = \bar{w} \cdot p = \frac{\eta}{\bar{l}(Q)} p = \frac{\eta \cdot d \cdot \alpha}{l_0 \cdot Q^{\alpha-1}} = \frac{\eta \cdot d \cdot \alpha}{l_0 (\alpha \cdot Q)^{\log_2(1-\lambda)}}.$$

Из полученной формулы следует, что с ростом доли мирового рынка, занятой данным предприятием, средняя производительность труда, безусловно, возрастает, однако все медленнее, т.е.  $\frac{\partial APL}{\partial \alpha} > 0$ , но  $\frac{\partial^2 APL}{\partial \alpha^2} < 0$ . Это означает, что для одинакового повышения уровня средней производительности труда требуется все больший прирост доли рынка. И,

соответственно, наиболее сильным будет проигрыш в уровне производительности труда тех фирм, которые занимают малые доли рынка.

Вместо начальной трудоемкости производства первого экземпляра  $l_0$  в расчете может использоваться средняя производительность труда  $APL_{\text{мир}}$ , достигнутая в мировом энергетическом машиностроении (ее можно оценить на практике, пользуясь открытыми статистическими источниками).

В рамках этой модели за среднемировой уровень производительности труда принято значение, достигаемое при 10%-ной доле мирового рынка, т.е.  $APL_{\text{мир}} = APL(0,1)$ . Такой уровень доли рынка выбран в качестве ориентира на основании структуры мирового рынка ветровых турбин в 2013 г., приведенной на рис. 1 [11].

В 2012 г. лидером среди компаний-производителей турбин стала американская компания GE Wind с долей рынка 15,5%, обогнав датскую компанию Vestas. Доля китайских компаний на мировом рынке составила 16,6% [12]. В 2013 г. Vestas вернула лидерские позиции, второе место занял китайский Goldwind, потеснив на рынке немецкие компании Enercon и Siemens, а также американскую GE Wind.

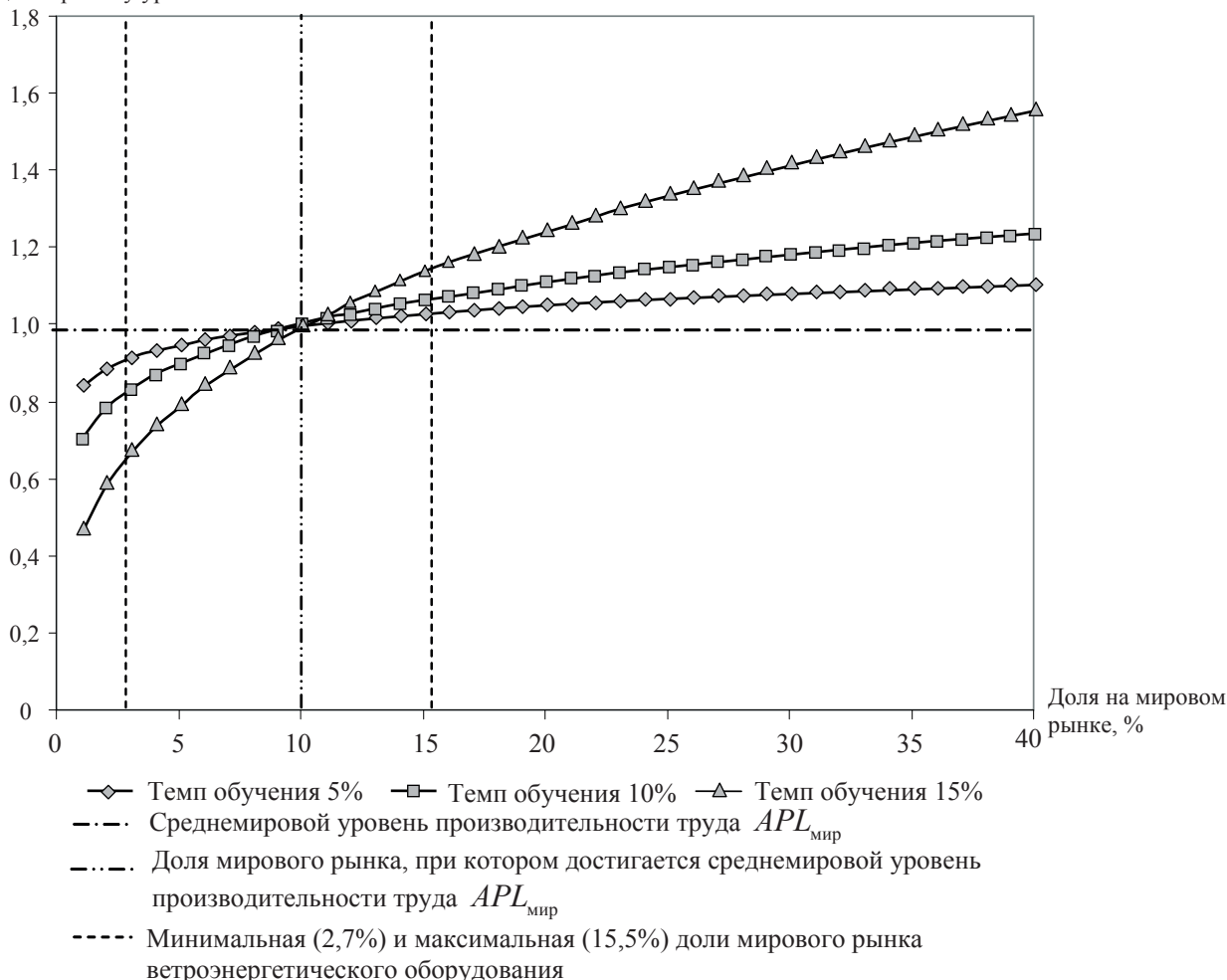
Таким образом, на рынке ветроэнергетического оборудования вполне устойчиво работают компании, занимающие при нынешних объемах продаж порядка 5–10% мирового рынка. При заданном темпе обучения на основе полученного ориентира  $APL_{\text{мир}} = APL(0,1)$  можно восстановить начальную трудоемкость производства одного изделия.

Пример влияния доли мирового рынка энергетического оборудования для новых видов

Рисунок 2

Влияние доли мирового рынка энергетического оборудования на среднюю производительность труда

Отношение средней  
производительности труда  
к среднемировому уровню



энергетики на среднюю производительность труда в фирмах — производителях оборудования схематично показан на рис. 2.

На основании приведенной модели вычислено отношение достигаемой при данной доле мирового рынка  $\alpha$  средней производительности труда  $APL(\alpha)$  к среднемировому уровню  $APL_{\text{мир}}$ , за который принята производительность труда при 10%-ной доле мирового рынка.

Темп обучения в производстве оборудования для альтернативной энергетики (в том числе ветровой) еще нуждается в уточнении в силу недостаточности статистических данных по отрасли. Как показывают первые статистические оценки этой относительно молодой отрасли, значение темпа обучения в производстве ветроэнергетического оборудования составляет около 10% [13–16]. Поэтому приведено

три графика — для значений темпа обучения 5, 10 и 20% (см. рис. 2).

Анализ данных рис. 2 свидетельствует, что при малых темпах обучения порядка 5% проигрыш в средней производительности труда даже самых малых из числа выделенных на рис. 1 производителей лидеру мирового рынка составит лишь около 20%. Однако при высоких темпах обучения (порядка 15–20%) этот проигрыш уже приближается к двукратному. Еще сильнее он проявится, если новому производителю поначалу придется довольствоваться еще меньшей долей рынка, чем наименьшим игрокам (см. рис. 1).

Таким образом, если доля российских производителей на мировом рынке оборудования для «зеленой» энергетики будет низкой, это существенно (в 2–3 раза, при высоких темпах обучения и при

малых долей рынка порядка 1%) увеличивает удельные трудозатраты на единицу продукции и, соответственно, во столько же раз снижает среднюю производительность труда по сравнению со среднемировым уровнем, а тем более — лидерами мирового рынка.

### **Предварительное прогнозирование емкости российского и мирового рынков оборудования для ветровой энергетики и возможной доли российских производителей на этих рынках**

Согласно глобальным прогнозам развития ветровой энергетики Global Wind Energy Outlook 2012, прирост кумулятивной установленной мощности ветроэнергетических объектов по всему миру в 2020 г. по сравнению с 2011 г. составит от 349 030 до 912 220 МВт в зависимости от сценария (пессимистичный/оптимистичный), а к 2030 г. — от 680 099 до 2 303 436 МВт [17]. С точки зрения материально-вещественного состава прироста мощностей мировой ветроэнергетики, прогнозируемые темпы роста означают, что в течение 2012–2020 гг. в мире должно производиться и монтироваться примерно от 20 до 50 тыс. ветровых турбин мощностью 2 МВт, а с 2020 по 2030 г. — от 18 до 73 тыс. (обобщение статистических данных выполнено в работе [18]).

В 2012 г. в мире было произведено ветровых турбин общей мощностью 43 134 МВт. Это приблизительно 21,5 тыс. турбин мощностью 2 МВт. Таким образом, в соответствии с пессимистическим сценарием развития мировой ветроэнергетики в каком-либо существенном увеличении объема рынка ветровых турбин нет необходимости — можно лишь ожидать, что ведущие мировые производители продолжат конкурентную борьбу между собой и с более мелкими компаниями за увеличение своей рыночной доли. Однако если будет реализован оптимистичный сценарий, то объем мирового рынка ветровых турбин должен вырасти к 2030 г. почти в 3,5 раза.

Рассмотрим теперь вопрос о прогнозировании развития ветровой энергетики в России в рамках параметров, задаваемых в программных документах Правительства РФ. В ближайший период целевые показатели введения ветровых мощностей наиболее конкретно представлены в распоряжении № 861-р, согласно которому общий лимит установленных мощностей генерирующих ветряных электростанций к 2020 г. должен составить 3 600 МВт, в том числе:

- в 2014 г. — 100 МВт;
- в 2015 г. — 250 МВт;
- в 2016 г. — 250 МВт;
- в 2017 г. — 500 МВт;
- в 2018 г. — 750 МВт;
- в 2019 г. — 750 МВт;
- в 2020 г. — 1 000 МВт.

Более долгосрочные целевые ориентиры заданы Энергостратегией, которая в настоящее время пересматривается и корректируется, в том числе в сторону снижения целевых показателей доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в общем объеме генерируемой энергии с 4,5% к 2030 г. до 2,5–3% к 2035 г.<sup>2</sup>

Для достижения даже сокращенных намеченных объемов производства электроэнергии на базе ВИЭ в рассматриваемый период (до 2035 г.) необходимо обеспечить ввод генерирующих мощностей суммарной установленной мощностью свыше 18 ГВт. Учитывая, что технология генерации ветровой энергии является самой зрелой, а в России достаточно территорий с высоким классом ветров, можно предварительно предположить, что около половины запланированного прироста мощностей могут составить ветроэнергетические объекты. Тогда для обеспечения необходимых темпов введения мощностей в ближайшие 5 лет потребуется 1 800 турбин мощностью 2 МВт (или от 50 до 200 в год), а в период до 2035 г. — около 225 ветровых турбин мощностью 2 МВт в год.

Таким образом, сопоставляя прогнозы емкости мирового рынка ветроэнергетического оборудования и планы развития ветроэнергетики в России<sup>3</sup>, можно оценить долю России в мировом объеме спроса на ветровые турбины на уровне 0,3–1,25% в зависимости от сценария развития мировой ветроэнергетики. Меньшая доля получается (ввиду фиксированных абсолютных значений объемов производства) как раз при оптимистическом сценарии развития ветровой энергетики в мире.

Насколько согласуются такие доли рынка с возможностями рентабельной работы

<sup>2</sup> Оценки получены на основе анализа проекта Энергетической стратегии России до 2035 года, находящейся в настоящее время на экспертном рассмотрении в Минэнерго России. URL: <http://minenergo.gov.ru/upload/iblock/621/621d81f0fb5a11919f912bfafb3248d6.pdf>.

<sup>3</sup> Пока будем рассматривать их как жесткие, экзогенные, не задаваясь вопросом об их реализуемости и ресурсной обеспеченности.

энергетического машиностроения? В настоящее время на рынке представлены компании, занимающие доли рынка гораздо больше тех, на которые могли бы рассчитывать российские компании при успешной реализации стратегии импортозамещения в российской энергетике (см. рис. 1). Это в свою очередь означает, что российские энергомашиностроительные предприятия в принципе не могут обеспечить сравнимой с лидерами мирового рынка себестоимости производства, конкурентоспособных цен на свою продукцию, и выйти при надлежащем качестве и решении возможных регулятивных проблем на мировые рынки.

При малом объеме продаж себестоимость производства будет высока, что ограничит и объемы спроса на отечественную продукцию. В то же время целевые показатели, заложенные в первоначальном варианте Энергостратегии, вполне позволяли достичь масштабов производства ветроэнергетического оборудования, необходимых для обеспечения конкурентоспособности производства<sup>4</sup>.

#### **Анализ возможностей налогового стимулирования локализации инновационного производства энергетического оборудования в России**

Производительность труда (измеряемая здесь как добавленная стоимость, приходящаяся на одного занятого) определяет возможности вознаграждения инвесторов, самих наемных работников, а также возможности воспроизводства капитала. У владельцев факторов производства есть минимальные пороговые требования к уровням вознаграждения. Предприниматель (частный инвестор), создающий производство в стране или конкретном регионе, потребует прибыли или рентабельности инвестиций по крайней мере не ниже нормальной для данной страны (с учетом страновых рисков) и отрасли. Наемные работники потребуют зарплаты не ниже доступных им альтернатив и т.п. Достаточно ли будет достижимой доли рынка для удовлетворения требований всех частных агентов? И при каких условиях государство может согласовать их интересы, добившись локализации в стране производства, целесообразной

с макроэкономической точки зрения?

Введем следующие обозначения:

$z_{тр}$  — минимально необходимая (требуемая) ставка оплаты труда потенциальных работников предприятий энергетического машиностроения в данной отрасли и в данном регионе;

$z_0$  — средняя ставка оплаты труда в регионе вне данной отрасли (как правило,  $z_{тр} \gg z_0$ );

$k$  — минимально необходимые капиталовложения на одного работника отрасли в расчете на год (оцениваются как отношение фондовооруженности труда при данном уровне развития технологий к нормативному сроку службы основных фондов<sup>5</sup>);

$\pi_{норм}$  — требуемая предпринимателем нормальная прибыль на одного работника отрасли в расчете на год (можно также определить минимально допустимую рентабельность инвестиций в капитал как некоторую долю от  $k$ ).

Тогда условие согласования интересов работников и предпринимателей можно сформулировать следующим образом:

$$APL \geq APL_{\min} = z_{тр} + k + \pi_{норм}.$$

Если  $APL \geq APL_{\min} = z_{тр} + k + \pi_{норм}$ , т.е. средней производительности труда недостаточно для того, чтобы на свободном рынке обеспечить требуемый уровень зарплат работникам отрасли, а предпринимателям — требуемый уровень нормальной прибыли, тогда без вмешательства государства это производство не будет размещаться в стране. Следовательно, работникам придется довольствоваться лишь средней зарплатой в «прочих» отраслях промышленности, равной  $z_0$ .

Вполне вероятно, что значительная доля на мировом рынке энергооборудования не будет достижима для вновь созданных и развивающихся российских производителей по крайней мере в ближайшей перспективе. Соответственно, частный инвестор не будет заинтересован в организации данного производства в России. Таким образом, государство не получит налоговых поступлений с работников, владельцев предприятий и т.п., а сами работники не получают зарплат, характерных для высокотехнологичной промышленности.

Возможно ли в этом случае, что субсидирование предпринимателей (доведение их дохода до

<sup>4</sup> К 2030 г. намечалось введение 90–130 ГВт мощностей возобновляемой энергетики, что при принятых предположениях о лидирующей роли ветровой энергетики позволяло оценить потребность в оборудовании на уровне от 500 до 2 000 турбин в год.

<sup>5</sup> В свою очередь, этот срок — усредненный по всем видам основных производственных фондов — можно оценить, сопоставляя амортизационные отчисления или капитальные вложения с балансовой стоимостью основных фондов.

требуемого порога нормальной прибыли — хотя бы посредством предоставления им налоговых льгот) потребует меньших затрат, чем потери от отсутствия высокотехнологичных производств и высокооплачиваемых рабочих мест на территории страны?

Для ответа на этот вопрос следует сопоставить выпадающие доходы бюджета и другие потери, которые учитываются на государственном уровне (например, сокращение ВВП), в расчете на одного работника, с изменением производительности труда при переходе от минимально требуемой  $APL_{\min} = z_{\text{тр}} + k + \pi_{\text{норм}}$  к фактически достижимой при реалистичной доле рынка  $APL(\alpha)$ . Если социально-экономические и (или) бюджетные потери от неразмещения производства в России окажутся выше разности  $[APL_{\min} - APL(\alpha)]$  (в расчете на одного потенциально занятого в отрасли), тогда государству целесообразно пойти на налоговые уступки предпринимателям на уровне не ниже указанной разности, тем самым обеспечивая им требуемую нормальную прибыль.

Рассматриваемый способ повышения инвестиционной привлекательности отрасли весьма близок к так называемому TIF (tax increment financing), уже широко распространенному за рубежом способу финансирования государственных или муниципальных инвестиционных проектов за счет ожидаемого прироста налоговых сборов (подробнее см. [19, 20]).

При обосновании проектов на основе TIF используются те же соображения и принципы расчета, что и при анализе эффективности обсуждаемого способа стимулирования локализации предприятий наукоемкого машиностроения. В то же время если в концепции TIF подразумевается в основном налоговое кредитование в расчете на будущий рост налоговых сборов (подробнее см. работу<sup>6</sup>[21]), то в рассматриваемом способе обсуждается именно долговременное стимулирующее снижение ставок некоторых налогов, приносящее в случае локализации высокотехнологичного производства выигрыш в части налоговых сборов не в будущем, а уже в краткосрочной перспективе.

Формализуем условия макроэкономической, а также бюджетной эффективности предоставления налоговых льгот предпринимателям. Обозначим

<sup>6</sup> См. также: Ратнер С.В., Дира Д.В. Методические подходы к разработке механизмов налогового стимулирования развития альтернативной энергетики // Финансы и кредит. 2012. № 20. С. 27–36.

ставки налогов на прибыль, на имущество и на фонд оплаты труда наемных работников (здесь рассматриваются только налоги и взносы, взимаемые с работодателя) соответственно  $t_{\text{пр}}$ ,  $t_{\text{им}}$  и  $t_{\text{ФОТ}}$ . Тогда в отсутствие льгот суммарный объем налоговых сборов в расчете на одного потенциально занятого в отрасли работника составит  $T = t_{\text{ФОТ}}z + t_{\text{им}}k + t_{\text{пр}}\pi$ , однако такую сумму государство получило бы лишь при условии, что данное производство будет локализовано в стране.

Последнее возможно, если  $APL \geq APL_{\min} = z_{\text{тр}} + k + \pi_{\text{норм}}$ . В противном случае в стране останутся лишь производства с меньшей добавленной стоимостью, которые обеспечивают значения факторных доходов  $z_0 \ll z_{\text{тр}}$ ,  $k_0$  и  $\pi_0 < \pi_{\text{норм}}$  соответственно. Как правило, средняя производительность труда таких альтернативных отраслей и видов деятельности существенно (часто многократно) ниже средней производительности труда рассматриваемых высокотехнологичных производств даже при малых долях мирового рынка, т.е.  $APL_0 = k_0 + z_0 + \pi_0 \ll APL(\alpha)$ .

Поэтому с макроэкономической точки зрения, а конкретнее — с точки зрения вклада в ВВП страны, локализация высокотехнологичных производств однозначно благотворна. Остается уделить внимание ее бюджетной эффективности.

Объем налоговых сборов с «альтернативных» отраслей и видов деятельности практически заведомо ниже, чем при локализации высокотехнологичного производства (если бы оно обладало достаточной производительностью труда):

$$T_0 = t_{\text{ФОТ}}z_0 + t_{\text{им}}k_0 + t_{\text{пр}}\pi_0 < T_{\text{лок}} = t_{\text{ФОТ}}z_{\text{треб}} + t_{\text{им}}k + t_{\text{пр}}\pi_{\text{норм}}$$

Можно ли путем некоторого снижения налоговых ставок стимулировать предпринимателей к размещению данного вида производств в стране? Обозначим льготные ставки налогов соответственно  $t'_{\text{пр}}$ ,  $t'_{\text{им}}$  и  $t'_{\text{ФОТ}}$ . Тогда объем налоговых сборов в том случае, если льготы стимулируют предпринимателей к локализации производства, составит

$$T'_{\text{лок}} = t'_{\text{ФОТ}}z_{\text{тр}} + t'_{\text{им}}k + t'_{\text{пр}}\pi,$$

где фактическая норма прибыли  $\pi = APL(\alpha) - k - z_{\text{тр}}$  ниже  $\pi_{\text{норм}}$  — иначе государству не пришлось бы прибегать к каким-либо стимулирующим мерам.

Последнее значение суммы налоговых сборов должно быть выше альтернативной суммы  $T_0$ , чтобы меры налогового стимулирования



обладали бюджетной эффективностью. То есть должно выполняться условие целесообразности предоставления налоговых льгот с точки зрения государства:  $T'_{лок} > T_0$ .

В то же время и предприниматели должны быть заинтересованы в локализации производства в стране. Изначально, рассчитывая на нормальную прибыль (в расчете на одного занятого)  $\pi_{норм}$ , предприниматели учитывали действующие в стране налоговые ставки, т.е. фактически они были согласны на чистую прибыль (за вычетом всех причитающихся налогов) в размере  $\pi_{норм,чист} = \pi_{норм}(1-t_{пр}) - k \cdot t_{им} - z_{тр} t_{фот}$  в расчете на одного занятого.

Если же им будут предоставлены налоговые льготы, то с фактической нормы прибыли  $\pi = APL(\alpha) - k - z_{тр} < \pi_{норм}$  будут взиматься налоги в размере  $T'_{лок}$ . Таким образом, фактическая чистая прибыль  $\pi_{чист}$  в расчете на одного занятого составит  $\pi - T'_{лок} = APL(\alpha) - k - z_{тр} - T'_{лок}$ .

Условие заинтересованности предпринимателей в локализации данного производства после предоставления налоговых льгот примет следующий вид:

$$\pi_{чист} > \pi_{норм,чист}, \text{ или} \\ APL(\alpha) - k - z_{тр} - T'_{лок} > \pi_{норм}(1-t_{пр}) - \\ - k \cdot t_{им} - z_{тр} t_{фот} \Rightarrow APL(\alpha) > \pi_{норм}(1-t_{пр}) + \\ + k(1-t_{им}) + z_{тр}(1-t_{фот}) + T'_{лок}.$$

Первые три слагаемых в правой части неравенства равны средней производительности труда, позволяющей удовлетворить требованиям предпринимателей и наемных работников, т.е.  $APL_{мин} = z_{тр} + k + \pi_{норм}$  за вычетом налогового бремени (без предоставления каких-либо льгот).

Что касается четвертого слагаемого  $T'_{лок}$ , т.е. суммы налоговых сборов в расчете на одного занятого при локализации высокотехнологичного производства после предоставления льгот, то эта сумма должна быть выше альтернативной суммы налоговых сборов в том случае, если данный вид производств в стране вообще не будет размещен, т.е.  $T_0$ . Таким образом, в правую часть условия заинтересованности предпринимателей можно подставить меньшую сумму налоговых сборов, и неравенство останется справедливым:

$$APL(\alpha) > \pi_{норм}(1-t_{пр}) + k(1-t_{им}) + z_{тр}(1-t_{фот}) + T_0.$$

Заменяя знак «больше» на строгое равенство, найдем граничное значение производительности труда,

при котором возможно, снижая ставки налогов, стимулировать предпринимателей к размещению в стране высокотехнологичных производств данного вида, и в то же время предоставление таких налоговых льгот будет обладать бюджетной эффективностью:

$$APL_{тр} = APL|_{\alpha_{тр}} = \pi_{норм}(1-t_{пр}) + k(1-t_{им}) + \\ + z_{тр}(1-t_{фот}) + T_0.$$

Зная зависимость средней производительности труда от занимаемой доли мирового рынка, можно оценить минимально необходимую долю  $\alpha_{тр}$ , при которой еще возможно стимулировать локализацию производства, используя налоговые льготы, причем такая политика будет эффективной с бюджетной точки зрения. Это означает, что гибкая налоговая политика государства, направленная на локализацию в стране высокотехнологичных производств, может быть эффективной и реализуемой лишь в том случае, если проигрыш локализуемого производства зарубежным конкурентам в производительности труда не слишком велик, т.е. занимаемая доля мирового рынка не слишком мала.

Как показывают графики, приведенные на рис. 2, если российские производители ветроэнергетического оборудования будут занимать 3% мирового рынка (за счет государственных заказов на поставку оборудования в рамках Энергетической стратегии, тем более что в ней предусмотрено практически полное импортозамещение), то средняя производительность труда составит от 68% (при 20%-ном темпе обучения) до 91% (при темпе обучения 5%) среднего по мировым меркам уровня, соответствующего 10%-ной доле мирового рынка. Такой проигрыш ведущим мировым производителям (не многократный, в отличие от ситуации при долях мирового рынка порядка 1% и ниже) в принципе может быть компенсирован путем предоставления налоговых льгот предпринимателям.

Примем среднемировой уровень производительности труда за требуемый, т.е.  $APL_{мин} = APL_{мир}$ . Пусть, например, структура добавленной стоимости производства энергетического оборудования у ведущих мировых производителей такова, что  $k = 0,1 APL_{мин}$ ;  $z_{тр} = 0,5 APL_{мин}$ , и, соответственно,  $\pi_{норм} = 0,4 APL_{мин}$ , а средние ставки налогов в стране составляют:  $t_{пр} = 20\%$ ,  $t_{им} = 2\%$  и  $t_{фот} = 30\%$ . Предположим также, что структура добавленной стоимости в альтернативных отраслях аналогична, но средняя производительность труда ниже в три раза, чем в высокотехнологичном производстве.

Тогда

$$\begin{aligned} APL_{\text{тр}} &= 0,4 APL_{\text{мин}} (1 - 0,2) + \\ &+ 0,1 APL_{\text{мин}} (1 - 0,02) + 0,5 APL_{\text{мин}} (1 - 0,3) + \\ &+ \frac{1}{3} (0,4 APL_{\text{мин}} 0,2 + 0,1 APL_{\text{мин}} 0,02 + 0,5 APL_{\text{мин}} 0,3) \approx \\ &\approx 0,85 APL_{\text{мин}} = 0,85 APL_{\text{мир}} \end{aligned}$$

Значит, максимальный проигрыш в средней производительности труда, который можно компенсировать, предоставляя налоговые льготы без ущерба для бюджета, составляет 15%  $APL_{\text{мир}}$ . Для этого локализуемые производства энергетического оборудования должны занимать в зависимости от темпа обучения 4–6% мирового рынка при темпах обучения 10–20%, а если фактический темп обучения мал и составляет около 5%, тогда достаточно занять и около 1% мирового рынка (см. рис. 2). Как показано, такие уровни достижимы даже в рамках удовлетворения внутреннего спроса, без выхода на внешние рынки, хотя, разумеется, такой выход весьма желателен, что, в свою очередь, требует конкурентоспособности продукции.

### Выводы

Анализ программных документов, определяющих развитие российской энергетики, показывает, что запланированные в проекте новой энергетической стратегии до 2030 г. объемы ввода в строй генерирующих объектов на возобновляемых источниках энергии (в частности, ветроэнергетических установок) соответствуют объемам поставок генерирующего оборудования

на уровне 0,03–1,25% мирового рынка. Такая доля рынка гораздо ниже долей большинства ведущих производителей ветроэнергетического оборудования и не позволяет обеспечить конкурентоспособного уровня себестоимости и цены российского ветроэнергетического оборудования.

В то же время заложенные в первоначальной версии документа целевые показатели позволили бы создать необходимые условия для развития отечественного ветроэнергетического машиностроения как полноценной конкурентоспособной высокотехнологичной отрасли.

На начальных этапах развития отечественного производства оборудования для ветровой энергетики средняя производительность труда может составлять порядка 70–90% уровня ведущих мировых производителей. В принципе такой проигрыш в средней производительности труда можно компенсировать налоговыми льготами, стимулирующими предпринимателей к локализации таких производств в России. Причем такая политика привлечения высокотехнологичных производств может быть эффективной как с макроэкономической, так и с бюджетной точек зрения.

В конкретных случаях можно, пользуясь предложенным методическим аппаратом, комплексно оценивать экономическую, социальную и бюджетную эффективность тех или иных мер (например, налоговых льгот), повышающих инвестиционную привлекательность создания в России инновационных высокотехнологичных производств оборудования для «зеленой» энергетики.

### Список литературы

1. *Фортвов В.Е., Попель О.С.* Состояние развития возобновляемых источников энергии в мире и в России // Теплоэнергетика. 2014. № 6. С. 4–13.
2. *Андреев В.М.* Солнечная фотоэнергетика в России и мире // Наука и техника в газовой промышленности. 2013. № 2. С. 39–43.
3. Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series. Solar Photovoltaics // IRENA Working Paper. 2012. Vol. 1. Iss. 4/5. 52 p.
4. *Blanco M.I.* The economics of wind energy // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009. Vol. 13. № 6-7. P. 1372–1382.
5. *Bhandari K.P., Collier J.M., Ellingson R.J., Apul D.S.* Energy payback time (EPBT) and energy return on energy invested (EROI) of solar photovoltaic systems: A systematic review and meta-analysis // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. № 47. P. 133–141.
6. *Adetutu M.O.* Energy efficiency and capital-energy substitutability: Evidence from four OPEC countries // Applied Energy. 2014. Vol. 119. Iss. C. P. 363–370.

7. *McDonald A., Schrattenholzer L.* Learning rates for energy technologies // *Energy Policy*. 2001. № 29. P. 255–261.
8. *Бендигов М.А., Фролов И.Э.* Высокотехнологичный сектор промышленности России: состояние, тенденции, механизмы инновационного развития. М.: Наука, 2007. 583 с.
9. *Wright T.P.* Factors Affecting the Cost of Airplanes // *Journal of Aeronautical Sciences*. 1936. Vol. 3. № 4. P. 122–128. Doi 10.2514/8.155
10. *Alchian, A.* Reliability of Progress Curves in Airframe Production // *Econometrica*. 1936. Vol. 31. № 4. P. 679–693.
11. *Smead K.* Beyond Your Borders // *Energy Digital*. 2014. № 11. P. 41–47.
12. *Ратнер С.В., Иосифов В.В.* Формирование рынков энергетического машиностроения в Китае и Индии // *Вестник УРФУ. Сер. Экономика и управление*. 2013. № 3. С. 52–62.
13. *Schot J.W.* Constructive technology assessment and technology dynamics: the case of clean technologies // *Science, Technology & Human Values*. 1992. № 17. P. 36–56.
14. *Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series. Concentrating Solar Power // IRENA Working Paper*. 2012. Vol. 1. Iss. 2/5. 48 p.
15. *Neij L., Andersen P.D.* A Comparative Assessment of Wind Turbine Innovation and Diffusion Policies. Historical Case Studies of Energy Technology Innovation. In: *The Global Energy Assessment, Chapter 24*. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2012.
16. *Liu W.Q., Gan L., Zhang X.L.* Cost-competitive incentives for wind energy development in China: institutional dynamics and policy changes // *Energy Policy*. 2002. № 30. P.753–765.
17. *Global Wind Report. Annual Market Update 2012*. GWEC. Brussels, Belgium, 2013. 72 p.
18. *Клочков В.В., Ратнер С.В.* Управление развитием «зеленых технологий». М: ИПУ РАН, 2013. 292 с.
19. *Dye R., Merriman D.* The Effects of Tax-Increment Financing on Economic Development // *Journal of Urban Economics*. 2000. № 47. P. 306–328.
20. *Tax Increment Financing and Economic Development: Uses, Structures and Impact / Edited by Craig L. Johnson and Joyce Y. Man*. State University of New York Press, 2001.
21. *Goodward J., Gonzale M.* Renewable Energy Tax Credits // *The Bottom Line on... Answers to frequently asked questions about climate and energy policy*. World Resource Institute, 2010, Iss. 18.

## REVIEWING THE EFFECTIVENESS OF EQUIPMENT MANUFACTURING LOCALIZATION FOR GREEN ENERGY IN RUSSIA

Svetlana V. RATNER<sup>a,\*</sup>, Vladislav V. KLOCHKOV<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Trapeznikov Institute of Control Sciences, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation  
lanarat@mail.ru

<sup>b</sup> Trapeznikov Institute of Control Sciences, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation  
vlad\_klochkov@mail.ru

\* Corresponding author

### Article history:

Received 10 September 2015

Accepted 18 September 2015

**JEL classification:** O33, Q42,  
Q47, Q48

**Keywords:** power-engineering industry, market share, competitiveness, productivity, learning effect

### Abstract

**Subject** Currently, many leading industrial States view renewable power generation, *inter alia*, as a powerful driver of economic growth. The article considers possible cross-industry effects of renewable power generation development in Russia (on the wind power case).

**Objectives** The objective is to work out parametric forecasting methods to evaluate prospects for creating and developing the wind energy machine manufacturing in Russia, which is primarily focused on domestic needs.

**Methods** The methodological framework of the study is the learning curve concept. Within the concept, we evaluate possible volumes of green energy equipment production in Russia and prospects for competitive ability of such manufactures.

**Results** The offered methodology enables to create scenarios of the Russian power engineering industry development. The obtained results indicate that if the government implements programs for renewable power generation, the market share of Russian manufacturers of wind power equipment would be much less than that of global leading manufacturers; this market share will not provide a competitive level of cost and price for Russian wind energy equipment. With up to 10% market share, the average labor productivity of Russian manufacturers at early stages will be equivalent to 70–90% of the performance of leading global producers. Tax credits stimulating the manufacturers to locate their production in Russia can compensate the average labor productivity loss.

**Conclusions** The findings may serve for updating the State program for renewable energy and wind energy engineering development.

© 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. Fortov V.E., Popel' O.S. Sostoyanie razvitiya vozobnovlyаемых источников энергии в мире и в России [The state of renewable energy sources development in the world and in Russia]. *Teploenergetika = Thermal Engineering*, 2014, no. 6, pp. 4–13.
2. Andreev V.M. Solnechnaya fotoenergetika v Rossii i mire [Solar photovoltaic energetics in Russia and in the world]. *Nauka i tekhnika v gazovoi promyshlennosti = Science and Technology in Gas Industry*, 2013, no. 2, pp. 39–43.
3. Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series. Solar Photovoltaics. *IRENA Working Paper*, 2012, vol. 1, iss. 4/5, 52 p.
4. Blanco M.I. The Economics of Wind Energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009, vol. 13, no. 6-7, pp. 1372–1382.

5. Bhandari K.P., Collier J.M., Ellingson R.J., Apul D.S. Energy Payback Time (EPBT) and Energy Return on Energy Invested (EROI) of Solar Photovoltaic Systems: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015, no. 47, pp. 133–141.
6. Adetutu M.O. Energy Efficiency and Capital-Energy Substitutability: Evidence from Four OPEC Countries. *Applied Energy*, 2014, vol. 119, iss. C, pp. 363–370.
7. McDonald A., Schratzenholzer L. Learning Rates for Energy Technologies. *Energy Policy*, 2001, no. 29, pp. 255–261.
8. Bendikov M.A., Frolov I.E. *Vysokotekhnologichnyi sektor promyshlennosti Rossii: sostoyanie, tendentsii, mekhanizmy innovatsionnogo razvitiya* [The high-tech industry of Russia: status, trends, and mechanisms of innovative development]. Moscow, Nauka Publ., 2007, 583 p.
9. Wright, T.P. Factors Affecting the Cost of Airplanes. *Journal of the Aeronautical Sciences*, 1936, vol. 3, no. 4, pp. 122–128. doi: 10.2514/8.155
10. Alchian A. Reliability of Progress Curves in Airframe Production. *Econometrica*, 1963, vol. 31, no. 4, pp. 679–693.
11. Smead K. Beyond Your Borders. *Energy Digital*, 2014, no. 11, pp. 41–47.
12. Ratner S.V., Iosifov V.V. Formirovanie rynkov energeticheskogo mashinostroeniya v Kitae i Indii [Formation of power engineering markets in China and India]. *Vestnik Ural'skogo federal'nogo universiteta. Ser. Ekonomika i upravlenie = Bulletin of UrFU. Ser. Economics and Management*, 2013, no. 3, pp. 52–62.
13. Schot J.W. Constructive Technology Assessment and Technology Dynamics: The Case of Clean Technologies. *Science, Technology & Human Values*, 1992, vol. 17, no. 1, pp. 36–56.
14. Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series. Concentrating Solar Power. *IRENA Working Paper*, 2012, vol. 1, iss. 2/5, 48 p.
15. Neij L., Andersen P.D. A Comparative Assessment of Wind Turbine Innovation and Diffusion Policies. Historical Case Studies of Energy Technology Innovation. In: *The Global Energy Assessment*, Chapter 24. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2012.
16. Liu W.Q., Gan L., Zhang X.L. Cost-competitive Incentives for Wind Energy Development in China: Institutional Dynamics and Policy Changes. *Energy Policy*, 2002, no. 30, pp. 753–765.
17. Global Wind Report. Annual Market Update 2012. GWEC. Belgium, Brussels, 2013, 72 p.
18. Klochkov V.V., Ratner S.V. *Upravlenie razvitiem "zelenykh tekhnologii"* [Managing the development of green technologies]. Moscow, Institute of Control Sciences of RAS Publ., 2013, 292 p.
19. Dye R., Merriman D. The Effects of Tax Increment Financing on Economic Development. *Journal of Urban Economics*, 2000, no. 47, pp. 306–328.
20. Tax Increment Financing and Economic Development: Uses, Structures and Impact. Edited by Craig L. Johnson and Joyce Y. Man, State University of New York Press, 2001.
21. Goodward J., Gonzalez M. Renewable Energy Tax Credits. *The Bottom Line on.... Answers to Frequently Asked Questions about Climate and Energy Policy*, World Resource Institute, 2010, iss. 18.