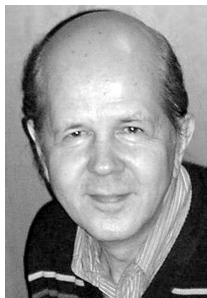


Эко-инновации в электроэнергетике: оценка сравнительной эффективности



Е. Ю. Хрусталеv,
д. э. н., профессор,
ведущий научный сотрудник,
Центральный экономико-математический
институт РАН, г. Москва
stalev777@yandex.ru



П. Д. Ратнер,
студент учетно-финансового факультета,
Российский экономический университет
им. Г. В. Плеханова, Краснодарский филиал,
г. Краснодар
ratner.p.d@gmail.com

Повсеместно распространенные в настоящее время технологии генерации электроэнергии, основанные на сжигании углеводородного топлива, являются неоптимальными с точки зрения негативного воздействия на окружающую среду. Однако устранение негативных экологических эффектов производственной деятельности энергокомпаний сопряжено со значительными затратами, а в некоторых случаях технологически неосуществимо. Поэтому улучшение экологических параметров деятельности электростанций представляет собой важную практическую задачу, которая с математической точки зрения формализуется как многокритериальная задача оптимизации.

В настоящей работе исследуется возможность использования методологии анализа среды функционирования для решения задачи о выборе оптимальной стратегии перехода региональной энергетической системы на более экологически чистые технологии генерации энергии. Предложен двухэтапный подход, при котором на каждом этапе используется базовая модель анализа среды функционирования в коэффициентной форме с ориентацией по входам и радиальной мерой эффективности. Проведена апробация предложенного подхода на примере расчета сравнительной эффективности производственной деятельности энергетических систем в масштабе федеральных округов. Полученные результаты сопоставлены со статистическими данными, сделан вывод о высокой информативности предложенного подхода.

Ключевые слова: электроэнергетика, экологические эффекты, анализ среды функционирования, оптимизация, многокритериальность.

В настоящее время в научной литературе уделяется все больше внимания проблемам энергоэффективности [1]. Помимо угрозы истощения запасов углеводородного сырья, причиной возрастания научного интереса к данной проблематике также является негативное воздействие энергетических объектов на окружающую среду [2-3]. К основным видам антропогенного воздействия энергетических объектов на окружающую среду на всех этапах их жизненного цикла относятся главным образом следующие:

- выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферный воздух;
- забор природных вод;
- сбросы загрязняющих веществ в водные объекты;
- образование и размещение отходов производства и потребления.

К наиболее значимым видам выбросов электростанций в атмосферу являются диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, диоксид углерода и твердые

частицы (зола). Другие загрязняющие вещества, — тяжелые металлы, фтороводород, галоидные соединения, несгоревшие частицы углеводородов, неметановые летучие органические соединения и диоксины считаются безопасными для здоровья человека и состояния окружающей среды в том случае, если выбрасываются в воздух в незначительных количествах [3-4].

В России выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) электростанциями составляют 16% от общероссийского объема совокупных выбросов от стационарных источников. Потребление природных вод электростанциями достигает 35% общего использования водных ресурсов в России. Сбросы ЗВ веществ в водные объекты составляют 3% от общего объемов сброса загрязненных сточных вод в стране. Объем образования отходов объектами электроэнергетики достигает примерно 2% от общероссийского показателя. Выбросы парниковых газов электростанциями отрасли достигают 21% от общероссийских объемов [4].

Основываясь на вышесказанном, ряд специалистов по экономике энергетики считает, что традиционные технологии генерации энергии уже не удовлетворяют всей совокупности требований, которые предъявляет к ним общество (в первую очередь, по экологическим характеристикам). В то же время новые технологии генерации энергии находятся еще только в стадии разработки или на первых этапах промышленного освоения [5], которые характеризуются высокой степенью неопределенности относительно экономической, экологической и социальной целесообразности их дальнейшего развития и широкого распространения [6]. Такая ситуация в теории инновационного развития называется технологическим разрывом и считается наиболее сложной для моделирования и прогнозирования динамики экономических и технологических параметров инвестиционных проектов, направленных на внедрение более экологически эффективных способов производства (в данном случае, способов производства электроэнергии) [7]. И, если вопросам разработки инструментальных методов, способствующих повышению качества прогнозов развития новых технологий в настоящее время уделяется повышенное внимание (например, работы [8-9]), то проблемам комплексной оценки их потенциального воздействия на окружающую среду уделяется пока недостаточное внимание, в частности, практически не развит инструментарий, позволяющий проводить сравнительную оценку экоинноваций на предприятиях электроэнергетической отрасли.

Целью настоящей работы является оценка возможности использования методологии анализа среды функционирования (АСФ) в качестве инструмента исследования сравнительной эффективности производственной деятельности генерирующих компаний России по важнейшим экологическим показателям, а также сравнительной эффективности процессов разработки и внедрения экоинноваций в электроэнергетической отрасли в целом.

На существующем технико-технологическом уровне улучшение отдельных экологических показателей деятельности генерирующих компаний возможно благодаря реализации следующих проектов, не связанных со сменой топлива или технологией генерации энергии [4]:

- 1) проекты по уменьшению выбросов в атмосферу: внедрение малотоксичных горелок при сжигании высококонцентрированной пыли для снижения окислов азота, установка (или ремонт) аспирационных установок, электрофильтров, золоулавливателей;
- 2) проекты по снижению потребления воды и сброса недостаточно очищенных сточных вод: очистка и отведение минерализованных сточных вод, установка (или ремонт) очистных сооружений производственных и поверхностных стоков, введение в эксплуатацию нефтесборщиков;
- 3) проекты по снижению объемов образования твердых отходов: утилизация (переработка и использование) золошлаков, разработка технологий, повышающих надежность хранения золошлаков.

Помимо проектов, направленных на снижение какого-то одного негативного экологического эффекта, необходимо также рассматривать существующие технико-технологические возможности по замене топлива на более экологически чистое, повышение энергоэффективности производства в целом и переход на принципиально иные технологии генерации энергии (инновационные варианты развития) [10-11]. По оценкам специалистов в области электроэнергетики, наименее затратный вариант снижения комплексного негативного воздействия на окружающую среду на настоящий момент предусматривает использование природного газа для выработки электроэнергии, а самый затратный — использование энергии ветра или солнца. В пределах средних затрат находятся атомная энергетика и так называемая технология «чистого угля» [4].

Перевод региональных энергетических систем (РЭС) на инновационные технологии генерации является капиталоемким и длительным процессом, полные экономические, экологические и социальные последствия которого проявляются только в долгосрочном периоде. Отсутствие полного понимания экологической составляющей процессов генерации и распределения энергии и пренебрежение методологией анализа жизненного цикла (Life Cycle Analysis) при проектировании конфигурации энергетической системы может привести к неожиданным и нежелательным последствиям, когда положительный эффект от снижения негативного воздействия на окружающую среду по одному параметру (или группе параметров) полностью нивелируется увеличением нагрузки на экосистемы по другому параметру (или группе параметров). С математической точки зрения задача о выборе наилучшего по набору экологических, экономических и социальных параметров инновационного проекта в электроэнергетике является многокритериальной непараметрической задачей оптимизации.

В настоящее время анализ среды функционирования (АСФ) представляет собой развитую методологию оценки сравнительной эффективности хозяйственной деятельности множества однородных экономических, производственных или иных объектов с помощью различных моделей математического программирования, как линейных, так и нелинейных. Объекты, эффективность которых оценивается в АСФ, называются производственными объектами (ПО) и выполняют одну и ту же производственную функцию, преобразуя множество некоторых входов (ресурсов) во множество некоторых выходов (результат производственной деятельности). Преимуществом АСФ является возможность работы с производственными объектами в отсутствии каких-либо предположений о виде функциональной зависимости между входами и выходами. Другими словами, АСФ является непараметрическим методом, работающим на основе анализа эмпирических данных. В российских работах АСФ применяется, в основном, для оценки эффективности деятельности бюджетной системы, региональных властей, банковских структур и т. д. [12-13]. Работы по использованию АСФ в задачах оценки экологических аспектов

деятельности хозяйствующих субъектов, в том числе, объектов электроэнергетики, авторам неизвестны.

В классической модели анализа среды функционирования, обозначаемой CCR (по первым буквам имен разработчиков — A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes [14]) максимизируется отношение виртуального выхода (линейная комбинация взвешенных выходов) к виртуальному входу (линейная комбинация взвешенных входов). Это отношение определяется как мера (коэффициент) эффективности производственного объекта, причем данное значение не может превосходить единицу. В коэффициентной форме задача оптимизации формулируется следующим образом:

$$\min \theta$$

при ограничениях

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^N x_{nk} \lambda_k &\leq \theta x_{n0}, \quad n=1, 2, \dots, N, \\ \sum_{m=1}^M y_{mk} \lambda_k &\geq y_{m0}, \quad m=1, 2, \dots, M, \\ \lambda_k &\geq 0, \quad k=1, 2, \dots, K, \end{aligned} \quad (1)$$

где o — индекс производственного объекта, для которого решается задача оптимизации; x — вектор входов размерности N ; y — вектор выходов размерности M ; K — количество производственных объектов.

В данной модели ищется возможность пропорционального сокращения входов без сокращения выходов (ориентированная по входам модель CCR (input-oriented)). В графическом представлении оптимизация деятельности неэффективного производственного объекта C (рис. 1) состоит в сокращении значений его входных параметров на один и тот же коэффициент $\theta = (OC')/(OC)$ — радиальную меру эффективности (движение по радиусу от исходной точки до границы эффективности).

В зарубежной литературе при использовании модели CRR для решения задач повышения экологической эффективности в качестве ПО обычно рассматриваются отдельные генерирующие компании, в качестве входов — объемы топливных ресурсов, труда и капитала, используемые в производственном процессе, а в качестве выходов — объем генерации и объемы выбросов (например, в [15]). Однако при такой постановке задачи возникает широко известная проблема «нежелательного» выхода, когда часть результатов производственной деятельности энергетической компании являются желательными (энергия)

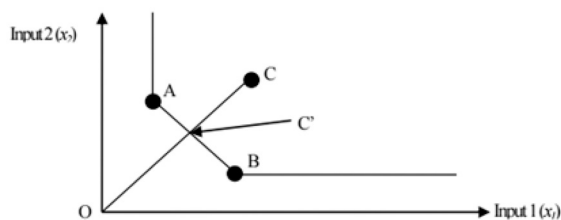


Рис. 1. Графическая иллюстрация задачи CCR, ориентированной по входам (двумерный случай)

и должны максимизироваться, а часть — нежелательными (выбросы в атмосферу и другие негативные экологические эффекты) и должны минимизироваться [16]. Для преодоления такой разнонаправленности в задаче оптимизации в теории по анализу среды функционирования к настоящему времени разработано несколько методов:

- 1) ориентация на минимизацию нежелательного выхода при сохранении заданных уровней входных энергетических параметров [17];
- 2) ориентация на желательный выход — этот способ нацелен на увеличение желательных выходных параметров при заданных энергетических и неэнергетических входных параметрах, и нежелательных выходных [18];
- 3) минимизация нежелательных выходных параметров при одновременной максимизации желательных, при сохранении входных параметров на постоянном уровне [19];
- 4) минимизация потребления энергии с заданными неэнергетическими (труд, капитал) входными параметрами и выходными параметрами [20];
- 5) минимизация энергетических входов и нежелательных выходов, тогда как другие входные параметры и желательные выходы не включены в задачу оптимизации [21].

По нашему мнению, преодоление разнонаправленности в задаче оптимизации производственной деятельности энергокомпании по набору экологических параметров может быть достигнуто посредством последовательного решения нескольких моделей АСФ: на первом этапе определяются эффективные и неэффективные с точки зрения экологии энергетические объекты, для неэффективных объектов рассчитываются целевые параметры снижения негативных экологических эффектов. На втором этапе по каждому неэффективному энергетическому объекту решается своя задача оптимизации (используется модель CRR, ориентированная по входу, радиальная мера эффективности), в которой в качестве входов рассматриваются уже экономические и социальные характеристики проектов, направленных на снижение негативных экологических эффектов, а в качестве выходов указываются рассчитанные на первом этапе значения целевых показателей негативных экологи-

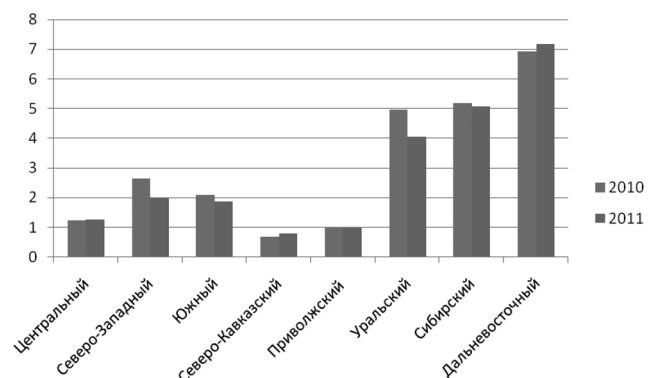


Рис. 2. Удельные выбросы в атмосферу (тыс. т/млн кВт·ч) генерирующих компаний
Источник: рассчитано авторами на основе данных [4]

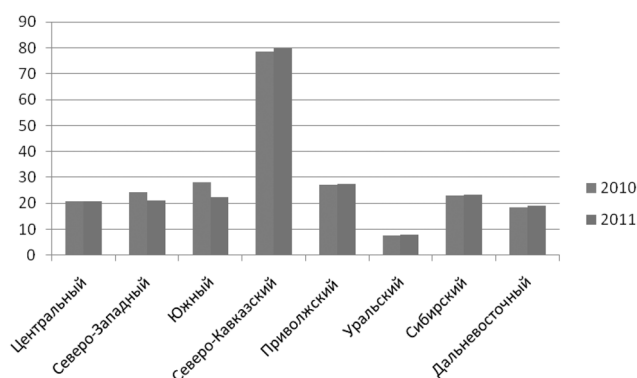


Рис. 3. Удельное потребление воды (млн м³/млн кВт·ч) генерирующих компаний
Источник: рассчитано авторами на основе данных [4]

ческих эффектов. Рассмотрим возможности данного подхода на примере решения задачи оценки сравнительной эффективности деятельности генерирующих компаний по экологическим показателям в масштабе федеральных округов¹.

Анализируя показатели деятельности энергокомпаний обычными статистическими методами анализа, можно отметить, что по объему выбросов в атмосферу самыми неэффективными являются компании Сибирского и Дальневосточного федеральных округов (рис. 2). Полученный результат объясняется тем, что в структуре топливного баланса тепловых электростанций Европейской части страны, включая Уральский ФО, преобладает природный газ (его доля составляет 76–99% от общего объема потребления топлива на электростанциях этой части страны) [4]. В топливном балансе электростанций Сибири и Дальнего Востока, наоборот, доминирует уголь. Его доля составляет более 70% в Дальневосточном федеральном округе и более 90% в Сибирском федеральном округе [4].

Так как уголь на сегодняшний день является наиболее «грязным» видом топлива, причины неэффективности производственной деятельности по выбросам генерирующих компаний этих округов в сравнении с другими очевидны. Однако, если рассматривать в каче-

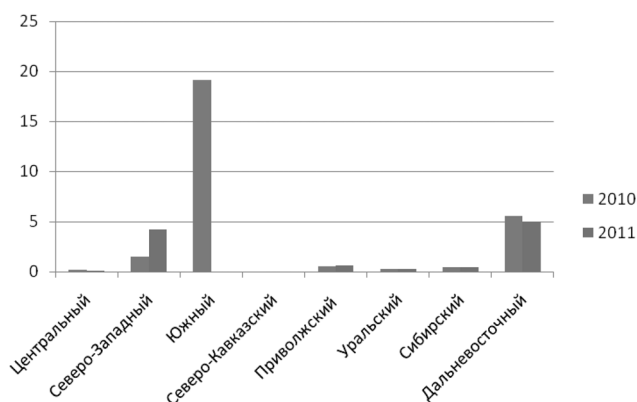


Рис. 4. Удельный сброс сточных вод (млн м³/млн кВт·ч) генерирующих компаний
Источник: рассчитано авторами на основе данных [4]

стве негативного экологического эффекта потребление свежей воды, то наиболее неэффективной должна быть признана деятельность компаний Северо-Кавказского федерального округа (рис. 3).

Наименее эффективными по сбросу неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод в 2010 г. были компании Южного федерального округа, тогда как в 2011 г. — компании Дальневосточного федерального округа (рис. 4).

При этом столь резкую разницу в значениях показателей компаний Южного федерального округа в 2010 и в 2011 гг. можно объяснить различиями в методике подсчета: в Южном ФО объем сброса загрязненных и недостаточно очищенных вод в 2011 г. по сравнению с 2010 г. резко снизился за счет сбросов Новочеркасской ГРЭС, которые в 2011 г. были признаны нормативно чистыми [4].

По показателю объема образования твердых отходов наименее эффективной следует признать деятельность энергокомпаний в Центральном и Сибирском федеральных округах (рис. 5).

Результаты проведенного статистического анализа отлично иллюстрируют многоплановость задачи оценки сравнительной эффективности деятельности компаний по набору экологических показателей: по од-

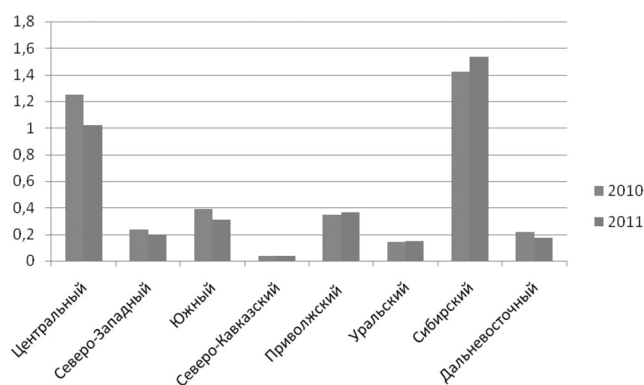


Рис. 5. Удельный объем образования отходов (тыс т/млн кВт·ч) генерирующих компаний
Источник: рассчитано авторами на основе данных [4]

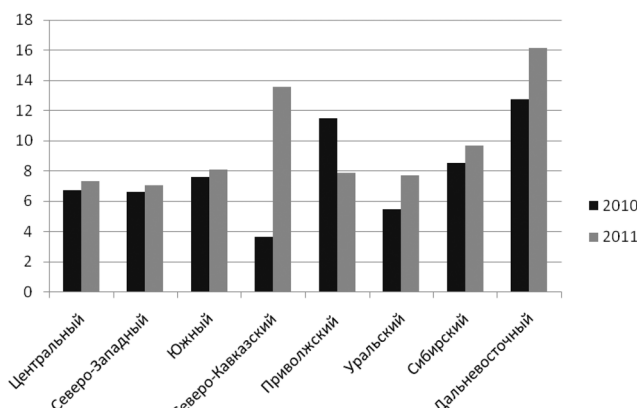


Рис. 6. Удельные текущие затраты на охрану окружающей среды (руб./МВт·ч) генерирующих компаний РФ в 2010–2011 гг.

¹ Наибольший объем статистических данных по экологическим показателям деятельности энергокомпаний приводится в масштабе федеральных округов.

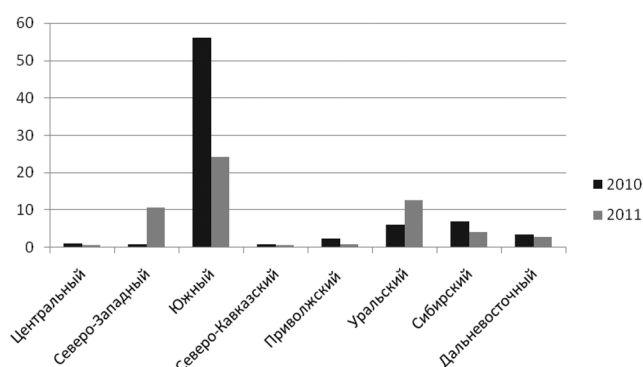


Рис. 7. Удельные объемы инвестиций в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды (руб./МВт·ч) генерирующих компаний РФ в 2010-2011 гг.

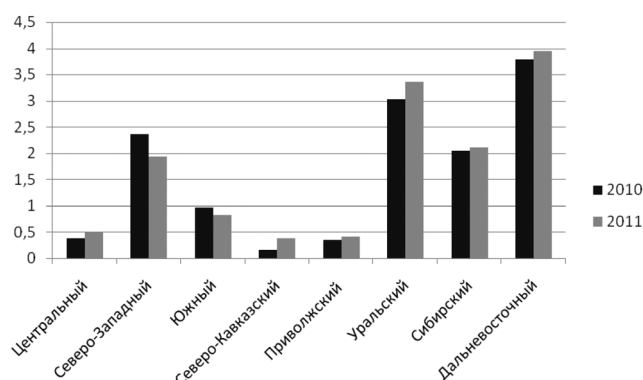


Рис. 8. Удельные объемы платы за сверхнормативные выбросы (руб./МВт·ч) генерирующих компаний РФ в 2010-2011 гг.

ним параметрам компания может быть эффективной, тогда как по другим — нет. Получение интегрального показателя в данном случае сопряжено с необходимостью ответа на следующие вопросы: какие негативные экологические эффекты являются наиболее опасными? Какова их степень важности? При этом необходимость «свертки» частных показателей эффективности в некий интегральный показатель также не является очевидной, так как неизвестно, как и каким образом можно провести минимизацию интегрального экологического эффекта.

Проанализируем финансовые показатели деятельности компаний, направленной на охрану окружающей среды (рис. 6-8). Как видно из сопоставления диаграмм, представленных на рис. 2-5 и рис. 6-8, инвестиции компаний в проекты, направленные на охрану окружающей среды довольно трудно соотнести с каким-то заметным экологическим эффектом. И, если для инвестиций в основной капитал это может быть объяснено наличием временных лагов между запуском инвестиционного проекта и его окончательной реализацией, то для текущих затрат причину стоит искать, вероятнее всего, в самом характере проектов. В то же время плата компаний за сверхнормативные выбросы (рис. 8) хорошо коррелирует с объемом самих выбросов (рис. 2).

Теперь рассчитаем меру эффективности для каждого из федеральных округов и цели по каждому из параметров производственной деятельности с помощью

ориентированной по входам модели CRR. В качестве входов используем показатели негативных экологических эффектов, в качестве выхода — объем генерации энергии. Результаты расчетов меры эффективности и целевых ориентиров для достижения эффективности за 2010 и 2011 гг., полученные с помощью пакета прикладных программ MaxDEA, приведены в табл. 1, 2.

Как видно из данных, приведенных в табл. 1, в 2010 г. эффективными ПО были компании Центрального, Северо-Кавказского, Приволжского и Уральского федеральных округов (мера эффективности равна единице). Компании Северо-Западного, Южного, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов признаны неэффективными. Оптимальное продвижение этих ПО в многомерном пространстве входов к границе эффективности определяют цели по входам. Достижение данных целевых ориентиров позволяет ПО стать эффективным.

В 2011 г. по результатам расчетов неэффективными признаны только два производственных объекта — Сибирский и Дальневосточный федеральный округ (табл. 2). Однако достижение эффективности Северо-Западным и Южным федеральными округами нельзя отнести только на счет улучшений экологических показателей их деятельности. Так как АСФ позволяет оценить только сравнительную эффективность, увеличение меры эффективности одних ПО относительно предыдущего года может быть объяснено также смещением самой границы эффективности. Для

Результаты расчета мер эффективности и целей по входам за 2010 г.

Таблица 1

Федеральные округа	Мера эффективности	Цель по выбросам	Цель по забору пресной воды.	Цель по сбросу сточных вод	Цель по объему образования отходов
Центральный	1,00	286,10	4712,10	32,41	285,90
Северо-Западный	0,99	288,98	2650,69	40,42	25,71
Южный	0,83	88,02	1174,06	22,76	16,46
Северо-Кавказский	1,00	17,20	1966,70	0,19	0,90
Приволжский	1,00	187,70	5155,00	94,42	66,30
Уральский	1,00	872,20	1358,60	52,05	25,10
Сибирский	0,61	663,15	2964,44	46,52	144,79
Дальневосточный	0,66	206,94	550,78	12,96	6,50

Результаты расчетов мер эффективности и целей по входам за 2011 г.

Федеральные округа	Мера эффективности	Цель по выбросам	Цель по забору пресной воды.	Цель по сбросу сточных вод	Цель по объему образования отходов
Центральный	1,00	294	4804,7	27,94	236,8
Северо-Западный	1,00	229,4	2421,9	486,96	22,8
Южный	1,00	102,4	1215,8	0,64	17
Северо-Кавказский	1,00	20,1	1978	0,17	0,9
Приволжский	1,00	189,9	5284,9	115,26	70,7
Уральский	1,00	730,1	1454	45,54	26,8
Сибирский	0,57	603,52	2764,05	41,20	105,83
Дальневосточный	0,78	171,81	693,22	10,52	6,34

устранения эффекта смещения границы эффективности и анализа реальной динамики эффективности ПО, необходим расчет индекса Малкмвиста (Malmquist productivity index, MPI) [12]. Тем не менее, сравнивая цели по входам за 2010 г. Южного и Северо-Западного ФО с показателями 2011 г. (так как объект признана эффективными, его цели по входам совпадают с реальными показателями), можно отметить, что цели 2010 г. по выбросам, забору пресной воды и объему образования отходов у Северо-Западного ФО практически достигнуты в 2011 г. Недостигнутой осталась лишь цель по сбросу сточных вод. У Южного ФО цели по выбросам, забору воды и объему образования отходов не достигнуты на небольшой процент, в то время как цель по сбросу сточных вод достигнута с «запасом» в несколько десятков раз. Следует отметить, что результаты расчетов по методу АСФ достаточно хорошо корреспондируют с результатами статистического анализа.

Также, сравнивая результаты расчетов, приведенные в табл. 2 со статистическими показателями, можно сделать вывод о том, что достижение эффективности производственной деятельности энергетических систем Дальневосточного и Сибирского федеральных округов в 2011 г. сопряжено с достижением следующих целевых показателей:

- 1) для Сибирского ФО: снижение выбросов в атмосферу на 43% (с 1056,6 тыс. т до 603,52 тыс. т в год), снижение забора пресной воды на 43%, снижение сброса неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод на 55,4%, снижение объема отходов на 66,8%;
- 2) для Дальневосточного ФО: снижение выбросов в атмосферу на 47,94%, снижение забора пресной воды на 21,77%, снижение сброса неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод на 95%, снижение объема отходов на 21,7%.

Зная целевые ориентиры снижения негативных экологических эффектов, на втором этапе каждый федеральный округ может выбрать способ их достижения, наилучшим образом соответствующий условиям производственной деятельности региональных энергокомпаний. Например, для одной компании достаточно будет перейти на другой вид топлива, для другой — построить очистительные сооружения, для третьей — провести полную модернизацию производства. Для

нахождения такого оптимального способа можно еще раз использовать базовую модель АСФ с ориентацией по входам. Теперь в качестве выходов можно принять рассчитанные ранее целевые показатели негативных экологических эффектов, деленные на объем производственных мощностей каждой электростанции (квотирование), а в качестве входов — стоимостные характеристики проектов, направленных на их снижение. То есть для каждого отдельного неэффективного ПО необходимо построить еще одну модель АСФ и найти ее решение.

Таким образом, предложенный подход может быть использован для расчета эффективности деятельности энергетических систем по экологическим параметрам на уровне отдельных регионов. В условиях одинаковой топливной обеспеченности разница в эффективности производственных объектов уже может быть объяснена различиями в технологической эффективности и качестве энергетического и/или экологического менеджмента.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-36-50163 мол_нр «Разработка структуры низкоуглеродной региональной энергетической системы на основе моделей анализа среды функционирования (АСФ)».

Список использованных источников

1. С. В. Ратнер. Основные направления исследований в области энергоэффективности: экономические, социальные и институциональные аспекты // Экономический анализ: теория и практика, № 40, 2014.
2. Е. В. Рюмина. Экономический анализ ущерба от экологических нарушений. Ин-т проблем рынка РАН. М.: Наука, 2009.
3. С. В. Ратнер, Н. А. Алмастьян Рыночные и административные методы регулирования негативным воздействием объектов электроэнергетики на окружающую среду // Экономический анализ: теория и практика, № 16, 2015.
4. Функционирование и развитие электроэнергетики в 2011 г. Информационно-аналитический доклад. Минэнерго РФ, 2012.
5. С. В. Ратнер. Основные тенденции развития ветровой энергетики: глобальные тренды и межстрановые сопоставления // Экономический анализ: теория и практика, № 17, 2015.
6. В. В. Клочков, С. В. Ратнер. Управление развитием «зеленых» технологий: экономические аспекты. М.: ИПУ РАН, 2013.

7. Р. М. Нижегородцев. Основы теории инноваций. М.: Доброе слово, 2011.
8. С. В. Ратнер, В. О. Михайлов. Стратегическая конкурентоспособность нефтегазовых кластеров в ситуации технологического разрыва//Экономический анализ: теория и практика, № 34, 2011.
9. С. В. Ратнер, В. О. Михайлов. Управление развитием энергетических компаний в ситуации технологического разрыва// Управление большими системами, вып. 37, 2012.
10. В. М. Андреев. Солнечная фотоэнергетика в России и мире// Наука и техника в газовой промышленности, № 2, 2013.
11. В. В. Иосифов, С. В. Ратнер. Проблемы и перспективы развития машиностроения России в посткризисный период. Краснодар: Издательский дом – Юг, 2011.
12. А. А. Пискунов, И. И. Иванюк, Е. П. Данилина, А. В. Лычев, В. Е. Кривоножко. Система рейтингования регионов с использованием методологии АСФ//Вестник АКСОР, № 4, 2008.
13. А. А. Пискунов, И. И. Иванюк, А. В. Лычев, В. Е. Кривоножко. Использование методологии АСФ для оценки эффективности расходов бюджетных средств на государственное управление в субъектах российской федерации//Вестник АКСОР, № 2, 2009.
14. A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes. Measuring the efficiency of decision making units//European Journal of Operational Research, No. 2, 1978.
15. B. Yiwen, H. Ping. Estimation of potential energy saving and carbon dioxide emission reduction in China based on an extended non-radial DEA approach//Energy Policy, № 63, 2013.
16. L. M. Seiford, J. Zhu. Modelling undesirable factors in efficiency evaluation//European Journal of Operational Research, № 142, 2002.
17. P. Zhou, B. W. Ang, K. L. Poh. Slacks-based efficiency measure for modeling environmental performance//Ecological Economics, № 60, 2006.
18. S. Lozano, E. Gutiérrez. Non-parametric frontier approach to modelling the relationships among population, GDP, energy consumption and CO2 emissions//Ecological Economics No. 66, 2008.
19. R. Färe, S. Grosskopf. Modeling undesirable factors in efficiency evaluation: comment//European Journal of Operational Research, No. 157, 2004.
20. P. Zhou, B. W. Ang. Linear programming models for measuring economy-wide energy efficiency performance//Energy Policy, No. 36, 2008.
21. Y. Bian, F. Yang. Resource and environment efficiency analysis of provinces in China: a DEA approach based on Shannon's entropy// Energy Policy, No. 38, 2010.

Selecting an optimal strategy for conversion of the regional energy system to low-carbon technologies

Ye. Yu. Khrustalyev, PhD, Economy, leading scientific employee, Central economical mathematical institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation.

P. D. Ratner, Student of Plekhanov Russian University of Economics, Krasnodar, Russian Federation.

The currently popular technologies of energy generation based upon carbon-based fuel combustion are suboptimal from the viewpoint of their negative effect on the environment. Among the most important negative ecological effects of energy production are atmosphere pollution with dangerous chemical compounds (such as sulfur dioxide), large amounts of fresh water consumption, pollution of waters by badly treated waste, forming of ash dumps, dusting and filtration of which are a source of danger for the health of the population, the flora and the fauna of the nearby territories. However, elimination of these negative effects requires large expenses and is sometimes technologically difficult. Therefore, increasing the ecological parameters of energy generation represents an important practical problem, which can be mathematically formalized as a multi-criteria optimization problem. This paper researches the possibility of use of the data envelopment analysis methodology to solve the problem of selection of an optimal strategy to convert the regional energy system to more environmentally friendly energy generation technologies. A two-stage approach is suggested, with which each stage consists of applying a base data envelopment analysis model in coefficient, input-oriented form and a radial efficiency measure. The approach is tested by calculating the relative efficiencies of the production activity of energy systems of federal districts. The results obtained are compared with statistical data. The suggested approach is deemed highly informative.

Keywords: electricity, environmental effects, environmental analysis operation, optimization, multicriteria.

Intel и РВК поддержат сообщество технических энтузиастов в России

Российская венчурная компания (РВК) и корпорация Intel заключили соглашение о стратегическом сотрудничестве. Деятельность сторон будет направлена на поддержку и развитие российского сообщества инноваторов и технических энтузиастов в концепции Национальной технологической инициативы. В качестве подготовки к созданию дорожной карты на 2016 год компании продолжат комплексное исследование «Do-It-Yourself в России: хобби или индустрия?» и представят его итоги в декабре.

Российская экосистема цифрового DIY на текущем этапе своего развития нуждается в поддержке и внимании со стороны индустрии и государственных структур. Ключевые направления взаимодействия, на которых сосредоточатся Intel и РВК в рамках сотрудничества, включают: повышение проектной, технологической и бизнес экспертизы сообщества, подготовку и привлечение квалифицированных специалистов и менторов, предоставление доступа к современному оборудованию, а также популяризацию и информационную поддержку движения DIY в России. Более широкая задача – выработка стратегического подхода к поддержке технического творчества на федеральном и региональном уровнях – будет решаться в концепции Национальной технологической инициативы (НТИ) в ходе деятельности специализированных рабочих групп, в состав которых войдут и представители Intel.

Российская экосистема DIY заинтересована в анализе своего текущего состояния, а также поиске способов самоорганизации и путей для дальнейшего развития, что подтверждает создание Ассоциации открытых цифровых лабораторий России в июне 2015 г. Совместное исследование РВК и Intel «Do-It-Yourself в России: хобби или индустрия?» станет основой для выработки дорожной карты взаимодействия на 2016 год. До конца 2015 года компании планируют работать в направлении популяризации тематики DIY в России. В частности, итоги исследования будут представлены в декабре на специальном мероприятии для представителей экосистемы.