

Метод согласования экологических приоритетов электрогенерирующих компаний и региональных социоэкономических систем



С. В. Ратнер,

*д. э. н., доцент, ведущий научный сотрудник,
Институт проблем управления РАН
им. В. А. Трапезникова, Москва
lanarat@mail.ru*



Н. А. Алмастьян,

*аспирант, кафедра аналитической химии,
Кубанский государственный университет
nairuhi.almastyan@gmail.com*

Новая версия стандарта ИСО 14001:2015 усиливает требования к региональному контексту деятельности компаний, которые теперь при разработке и реализации своей экологической политики должны ориентироваться, в первую очередь, на решение наиболее важных экологических проблем региона. Учитывая тот факт, что в отраслевом разрезе уровень проникновения стандарта ИСО 14001 наиболее высок на предприятиях энергетики, актуализируются научные задачи разработки методов согласования экологических приоритетов энергетических компаний и региональных социально-экономических систем, на территории которых они функционируют.

В настоящей работе предложен двухшаговый метод непараметрической оптимизации, в котором задача повышения эффективности деятельности электрогенерирующего предприятия по набору эколого-экономических параметров становится подчиненной задаче повышения эколого-экономической эффективности региональной экономической системы в целом. В основу метода положена базовая ориентированная по входам модель анализа среды функционирования с постоянной отдачей от масштаба. Апробация метода проведена на примере согласования экологических приоритетов ОАО «ОГК-2» и Красноярского края.

Ключевые слова: непараметрическая оптимизация, эколого-экономическая эффективность, согласование интересов, стандарт ИСО 14001:2015, анализ среды функционирования.

Введение

Электроэнергетика традиционно считается одной из отраслей экономики, оказывающих существенное негативное воздействие на окружающую среду. При производстве электро- и теплоэнергии перерабатываются большие объемы первичных энергоносителей, что приводит к таким экологическим эффектам как выбросы в атмосферный воздух различных загрязняющих веществ и парниковых газов, забор природных вод, сбросы загрязняющих веществ в водные объекты, образование твердых отходов.

Одним из популярных в мире инструментов экологического менеджмента на предприятиях различных отраслей экономики, в том числе электроэнергетики, сегодня являются стандарты серии ИСО 14000. В России интерес к сертификации по ИСО 14001 «Системы экологического менеджмента. Требования по руководству и применению» в бизнес-среде в целом

пока слабый, однако уровень распространенности стандарта среди российских энергетических компаний гораздо выше, нежели в целом по миру, что объясняется их экспортной ориентированностью. Доля энергетических компаний РФ в общем количестве сертификатов ИСО 14001 составляет 14%, в то время как аналогичная доля энергетических компаний в целом по миру только 3% [1].

В 2015 г. вышла новая версия стандарта ИСО 14001, соответствующая инновационному формату ИСО на разработку стандартов на системы менеджмента и предполагающая существенное расширение требований к формулировке экологической политики компании. Утверждение российского национального стандарта в соответствии с новой версией ИСО 14001:2015 ожидается в ближайшем месяце, а переход на нее должен быть осуществлен предприятиями в течение трех лет. Одним из важных отличий версии стандарта 2015 г. от действующей в настоящее

время версии 2007 г. является введение в нее понятий «заинтересованные» стороны и «контекст» организации, т. е. предприятие в новой версии стандарта рассматривается не как изолированный объект, а как агент определенной социо-эколого-экономической системы. При формировании системы экологического менеджмента компания должна учитывать региональный контекст своей деятельности и интересы других агентов социоэкономической системы. В связи с этим особую актуальность приобретают вопросы согласования экологических приоритетов электрогенерирующих компаний с оптимальной (с эколого-экономической точки зрения) траекторией развития региональной экономической системы (РЭС).

Задача снижения негативного воздействия экономики на окружающую среду и вывода региональных экономических систем на траектории устойчивого развития является нетривиальной не только с инвестиционной и технологической, но и научно-методологической точки зрения. При разработке проектов экономического развития территорий, лицам, принимающим решения, необходимо учитывать разнонаправленный характер социальных, экологических и экономических эффектов, связи между которыми не всегда понятны и очевидны, что приводит к возникновению задач многокритериальной непараметрической оптимизации. В работе [2], было показано, что такого рода задачи могут успешно решаться с помощью построения моделей анализа среды функционирования (АСФ)¹. 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. АСФ позволяет выделить объекты, деятельность которых может быть признана эффективной, а для неэффективных объектов найти наилучший путь приближения к границе эффективности.

При разработке экологической политики и природоохранных мероприятий крупных энергетических компаний также возникают задачи многокритериальной непараметрической оптимизации, которые могут быть решены с помощью различных вариаций метода АСФ, например экологического АСФ [3-5]. Однако при согласовании интересов регионов и электрогенерирующих предприятий множества оптимальных решений для РИС и для компаний, вообще говоря, могут не пересекаться. Поэтому в настоящей работе разработан метод двухшагового АСФ, который позволяет осуществить согласование экологических приоритетов электрогенерирующих предприятий и региональных социоэкономических систем посредством последовательного решения двух задач непараметрической оптимизации и использования целевых параметров сокращения основных негативных эффектов РЭС для выбора наиболее приоритетных направлений экологической политики электрогенерирующих компаний.

1 В англоязычном варианте общепринятое название Data Envelopment Analysis (DEA).

1. Постановка задачи сравнительной оценки эколого-экономической эффективности региональных экономических систем

Рассмотрим задачу об оценке эффективности функционирования региональных экономических систем (РЭС) по набору эколого-экономических показателей. Для этого используем базовую ориентированную по входам модель анализа среды функционирования, обозначаемую ССР (по первым буквам имен разработчиков — А. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes [6]) и модернизированную для решения задач минимизации экологических эффектов в [7].

Представим каждую РЭС как объект, на вход которого подаются ресурсы (энергия, сырье, труд, капитал и т. д.), а на выходе получается экономический результат, который может быть измерен любыми широко используемыми на практике показателями, таких как валовый региональный продукт, валовая добавленная стоимость, уровень дохода населения и т. д. Кроме того, на выходе каждого объекта образуются негативные экологические эффекты как неизбежный результат хозяйственной деятельности человека — выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, забор природных вод для нужд экономики, твердые отходы, сбросы недостаточно очищенных сточных вод. Для каждого производственного объекта (РЭС) ищется возможность сокращения входов (объемов затрачиваемых ресурсов) и нежелательных выходов (негативных экологических эффектов) без сокращения желательных выходов (экономического результата). Объекты, которые при минимальном количестве затрачиваемых ресурсов и объеме негативных экологических эффектов производят максимальный экономический результат, признаются эффективными.

Формализация данной задачи возможна следующим образом. Имеется K однородных производственных объектов (ПО), каждый из которых задан N входами и M выходами. Выходы $1, 2, \dots, p$ являются желательными (полезными), а $p+1, p+2, \dots, M$ — нежелательными (негативные экологические эффекты).

В коэффициентной форме задача оценки эффективности ПО с индексом 0 записывается следующим образом:

$$\max_{u, v} \sum_{m=1}^M u_m y_{m0}$$

при ограничениях

$$\begin{aligned} \sum_{m=1}^M u_m y_{mk} - \sum_{n=1}^N v_n x_{nk} &\leq 0, \quad k=1, 2, \dots, K; \\ \sum_{n=1}^N v_n x_{n0} &= 1; \\ u_m, v_n &\geq 0, \quad m=1, 2, \dots, M; \quad n=1, 2, \dots, N; \end{aligned}$$

где $X=(x_{10}, \dots, x_{N0}) \geq 0$ — вектор входов размерности N ; $Y=(y_{10}, \dots, y_{M0}) \geq 0$ — вектор выходов размерности M ; K — количество производственных объектов; u_m, v_n — неизвестные неотрицательные веса, подлежащие определению.

Или в двойственной форме:

$$\min_{\lambda} \theta,$$

при ограничениях

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

Для каждого производственного объекта решается дробно-линейная задача математического программирования, в которой максимизируется отношение следующего вида

$$h = \frac{\sum_{r=1}^p \mu_r y_{r0} - \sum_{s=p+1}^N \mu_s y_{s0}}{\sum_{i=1}^M v_i x_{i0}}, \quad (1)$$

при ограничениях

$$\frac{\sum_{r=1}^p \mu_r y_{rj} - \sum_{s=p+1}^N \mu_s y_{sj}}{\sum_{i=1}^M v_i x_{ij}} \leq 1.$$

Отношение (1) при этом называется коэффициентом (или мерой) эколого-экономической эффективности. Объекты, для которых коэффициент эффективности равен единице, признаются эффективными, а остальные — неэффективными. Кроме того, нежелательные выходы можно рассматривать наравне с входами модели, тогда мера эффективности примет следующий вид:

$$h^* = \frac{\sum_{y=1}^k \mu_y y_{r0}}{\sum_{i=1}^M v_i x_{i0} - \sum_{s=k+1}^p \mu_s y_{s0}}.$$

В работе [7] было доказано, что меры эколого-экономической эффективности h и h^* являются эквивалентными и могут быть одинаково успешно использоваться для решения базовых моделей ССР, а в работах [2, 8, 9] показано, что в простейшем случае нежелательные выходы (негативные экологические эффекты) могут рассматриваться как единственные входы модели. При такой постановке задачи эффективными признаются те ПО, которые производят максимальный экономический результат с минимальными негативными экологическими эффектами. Их множество задает границу эффективности, которая в случае модели ССР представляет собой гиперповерхность выпуклого многогранного конуса. Объекты, значения коэффициентов эффективности которых, оказались меньше единицы, посредством пропорционального сокращения входов могут приблизиться к границе эффективности: $(X_0, Y_0) \Rightarrow (hX_0, Y)$ [10].

Эффективная точка получается из исходной с помощью дополнительных переменных S^+ (s^+_1, \dots, s^+_N) и S^- (s^-_1, \dots, s^-_M) посредством сдвига по ним $(hX_0 - S^-, Y_0 + S^+)$. Дополнительные переменные определяются на второй фазе решения оптимизационной задачи и трактуются как потенциал ресурсосбережения. В некото-

рых литературных источниках расчет дополнительных переменных также называется методом задания цели [11], так как определенный таким образом потенциал ресурсосбережения по каждому отдельному входу является целевым параметром для производственного объекта в процессе достижения эффективности. При решении задачи о согласовании интересов РЭС и электрогенерирующих компаний рассчитанные с помощью метода задания цели показатели потенциала сокращения негативных экологических эффектов являются основным результатом, так как определяют приоритетные направления природоохранной деятельности предприятий электроэнергетики.

2. Определение целевых показателей сокращения негативных экологических эффектов в регионе

Положим входами модели АСФ оценки эколого-экономической эффективности РЭС следующие показатели:

- x_{1j} — годовой объем сбора недостаточно очищенных сточных вод, млн м³;
- x_{2j} — годовой объем выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников, тыс. т;
- x_{3j} — годовой объем размещения отходов на собственных объектах, млн т;
- x_{4j} — годовой объем потребления свежей воды, млн м³;
- $j=1, \dots, K$, где K — количество анализируемых региональных экономических систем.

В качестве выходов модели, представляющих социально-экономический результат деятельности РЭС, рассмотрим ВРП и количество населения. Результаты расчетов мер эффективности и целевых параметров, проведенных в пакете прикладных программ MaxDEA по радиальному адаптационному алгоритму на исходных данных за 2012 г., взятых из статистического сборника «Регионы России. Социально-экономические показатели, 2012», представлены в табл. 1.

В результате расчетов мер эффективности в 2012 г., экологически эффективными можно признать следующие регионы: Владимирская область, Калужская область, Орловская область, Тамбовская область, Калининградская область, Республика Адыгея, Республика Ингушетия, Чеченская Республика, Республика Мордовия, Чувашская Республика, Тюменская область, Республика Алтай, Республика Тыва и Сахалинская область². Коэффициенты эффективности этих регионов равны единице, а целевые значения негативных экологических эффектов этих регионов равны исходным значениям входов. Близкими к эффективным (значение коэффициента эффективности более 0,85) можно признать такие регионы как Брянскую область в ЦФО, Новгородскую область в СЗФО, Республику Татарстан в ПФФО, Курганскую область в

² Из расчетов были исключены Москва и Санкт-Петербург, в силу того, что, являясь городами — субъектами Федерации, они имеют несопоставимые показатели по экологическим параметрам с другими регионами и могут вносить существенные искажения в результаты модели.

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА

Таблица 1

Результаты расчета коэффициента эффективности и целевых параметров

Регион	Мера эффективности	Цель по сбросу сточных вод	Цель по выбросам в атмосферу	Цель по отходам	Цель по использованию свежей воды	Регион	Мера эффективности	Цель по сбросу сточных вод	Цель по выбросам в атмосферу	Цель по отходам	Цель по использованию свежей воды
Белгородская обл.	0,82	24,83	110,42	1,959	201,06	Респ. Марий Эл	0,71	36,16	24,11	0,128	58,85
Брянская обл.	0,90	45,18	35,27	0,538	95,86	Респ. Мордовия	1,00	39,00	50,00	0,170	63,00
Владимирская обл.	1,00	124,00	32,00	0,030	153,00	Респ. Татарстан	0,99	474,25	284,55	0,553	684,70
Воронежская обл.	0,70	91,93	55,44	0,883	310,17	Удмуртская Респ.	0,66	77,38	113,76	0,179	192,46
Ивановская обл.	0,72	48,48	20,90	0,370	98,74	Чувашская Респ.	1,00	11,00	33,00	0,300	108,00
Калужская обл.	1,00	84,00	13,00	0,320	122,00	Пермский край	0,28	113,06	95,56	2,211	544,19
Костромская обл.	0,26	12,28	13,58	0,044	328,77	Кировская обл.	0,50	70,01	50,24	0,259	109,43
Курская обл.	0,69	30,96	28,21	0,445	160,29	Нижегородская обл.	0,65	294,11	95,21	0,215	678,86
Липецкая обл.	0,68	6,42	150,13	0,565	111,59	Оренбургская обл.	0,17	21,83	130,12	1,460	339,14
Московская обл.	0,57	689,73	106,94	2,626	1337,02	Пензенская обл.	0,81	84,57	17,72	0,435	172,36
Орловская обл.	1,00	53,00	11,00	0,300	80,00	Самарская обл.	0,53	191,75	146,20	1,160	404,16
Рязанская обл.	0,61	52,73	64,08	0,282	106,70	Саратовская обл.	0,47	52,33	59,80	0,626	239,21
Смоленская обл.	0,62	41,60	28,56	0,180	99,33	Ульяновская обл.	0,84	92,32	28,54	0,076	139,32
Тамбовская обл.	1,00	42,00	52,00	0,150	97,00	Курганская обл.	0,98	26,97	40,17	0,255	62,71
Тверская обл.	0,44	39,18	27,43	0,076	595,59	Свердловская обл.	0,56	15,04	451,11	5,012	501,23
Тульская обл.	0,46	61,13	71,93	0,542	122,19	Тюменская обл.	1,00	167,00	3520,00	0,550	1980,00
Ярославская обл.	0,59	79,08	45,79	0,431	133,81	Челябинская обл.	0,45	8,54	256,28	2,848	284,76
Респ. Карелия	0,32	9,10	33,81	0,548	59,41	Респ. Алтай	1,00	0,30	9,00	0,100	10,00
Респ. Коми	0,33	4,87	146,10	1,623	162,33	Респ. Бурятия	0,25	8,59	24,53	0,269	124,62
Архангельская обл.	0,28	41,67	74,56	1,527	179,10	Респ. Тыва	1,00	8,00	20,00	0,030	49,00
Вологодская обл.	0,30	30,93	140,14	0,621	138,36	Респ. Хакасия	0,47	1,32	39,71	0,441	44,13
Калининградская обл.	1,00	103,00	25,00	0,137	117,00	Алтайский край	0,53	4,22	113,87	1,218	126,89
Ленинградская обл.	0,23	56,13	53,33	0,539	1287,68	Забайкальский край	0,38	16,45	48,86	0,695	82,33
Мурманская обл.	0,11	40,59	27,96	0,674	158,90	Красноярский край	0,17	12,08	362,43	4,027	402,71
Новгородская обл.	0,86	59,20	38,03	0,049	82,05	Иркутская обл.	0,24	25,89	173,17	2,621	266,97
Псковская обл.	0,55	22,10	15,47	0,050	140,36	Кемеровская обл.	0,13	22,45	174,39	2,514	255,43
Респ. Адыгея	1,00	28,00	6,00	0,000	134,00	Новосибирская обл.	0,53	60,44	120,34	0,770	332,68
Респ. Калмыкия	0,25	5,18	0,99	0,020	80,19	Омская обл.	0,78	5,05	151,50	1,683	168,33
Краснодарский край	0,52	465,07	112,62	0,424	1687,20	Томская обл.	0,48	11,63	156,59	0,621	155,77
Астраханская обл.	0,45	25,40	60,78	0,036	385,54	Респ. Саха (Якутия)	0,93	10,53	149,66	1,855	186,84
Волгоградская обл.	0,73	105,71	125,53	0,358	447,05	Камчатский край	0,44	13,96	14,83	0,257	75,48
Ростовская обл.	0,41	102,67	81,16	1,099	859,49	Приморский край	0,32	98,40	66,81	1,243	220,24
Респ. Дагестан	0,51	40,17	9,15	0,073	1145,69	Хабаровский край	0,47	69,45	53,48	1,074	171,61
Респ. Ингушетия	1,00	4,20	0,20	0,001	125,00	Амурская обл.	0,98	2,37	71,11	0,790	79,02
Кабардино-Блкарская Респ.	0,60	17,54	1,80	0,036	267,73	Магаданская обл.	0,38	6,50	11,09	0,252	30,21
Карачаево-Черкесская Респ.	0,42	18,74	9,16	0,146	47,48	Сахалинская обл.	1,00	44,00	87,00	2,390	249,00
Респ. Северная Осетия-Алания	0,85	23,22	3,41	0,083	159,46	Еврейская АО	0,73	5,00	17,06	0,066	16,78
Чеченская Респ.	1,00	0,00	19,00	0,878	361,00	Чукотский АО	0,72	0,49	14,85	0,165	16,50
Респ. Башкортостан	0,54	86,17	217,05	3,762	430,86						

Источник: расчеты авторов

УРФО, Республику Саха в СФО и Амурскую область в ДВФО. Наименее экологически эффективными (значение коэффициента эффективности ниже 0,3) можно признать экономики Костромской области (ЦФО), Мурманской, Архангельской, Ленинградской областей (СЗФО), Республики Калмыкия (ЮФО), Пермского края, Оренбургской области (ПВФО), Республики Бурятия, Кемеровской области, Иркутской области, а также Красноярского края (СФО).

Для повышения эколого-экономической эффективности выделенных регионов необходимо проведение мероприятий, направленных на сокращение негативных экологических эффектов и приближение их значений к целевым показателям, указанным в колонках с «целями» (табл. 1). Сравнение необходимых объемов сокращений для регионов с наихудшими значениями меры эффективности по каждому отдельному экологическому показателю приведено на рис. 1-4.

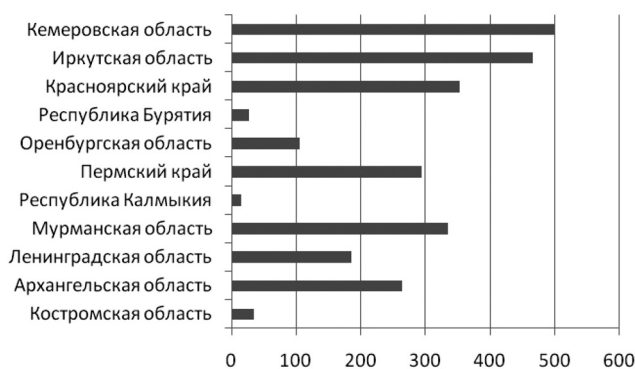


Рис. 1. Требуемые сокращения годовых объемов сброса недостаточно очищенных сточных вод, млн м³

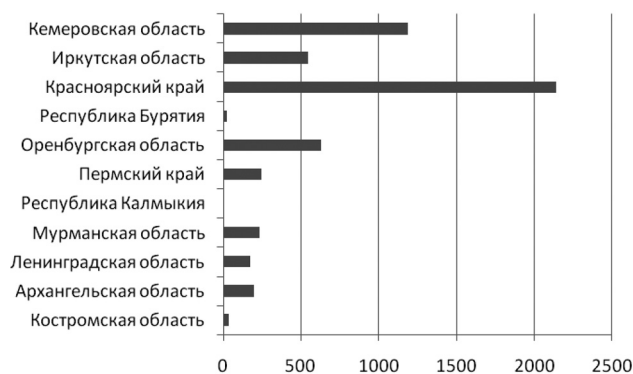


Рис. 2. Требуемые сокращения годовых объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, тыс. т

Анализируя рис. 1-4, нетрудно заметить, что приоритеты по сокращению негативных экологических эффектов у исследуемых регионов различны. Например, для Ленинградской области наибольшую проблему представляет необходимость сокращения годовых объемов потребления свежей воды и необходимость сокращения годовых объемов сброса недостаточно очищенных сточных вод, тогда как для Красноярского края наиболее актуальным представляется сокращение годовых объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Однако, несмотря на такое интуитивно понятное обоснование приоритетов природоохранной деятельности регионов, нахождение наилучшего пути продвижения неэффективного объекта к границе эффективности в отсутствие возможности пропорционального одновременного сокращения всех входов представляет собой нетривиальную задачу.

Обозначим через h_{nj}^{if} условную меру эффективности j -го производственного объекта, которая рассчитывается в предположении, что n -й вход модели принимает свое целевое значение ($x_{nj} = x_{nj}^{\text{целевое}}$), а все остальные входы модели имеют свои реальные значения. При этом, так как происходит приближение к границе эффективности по одному направлению, очевидно, выполняется условие $h_j \leq h_{nj}^{if}$, т. е. значение меры эффективности увеличивается. При наличии четырех входов и некоторых ограничениях, диктуемых практикой (например, недостаточность финансовых или технологических ресурсов), на сокращение всех входов одновременно, возможны четыре разных направления

продвижения к границе эффективности. Рассчитать условные меры эффективности для анализируемых неэффективных объектов возможно, решая задачу АСФ четыре раза для каждого объекта. Результаты расчета условных меры эффективности для регионов с наихудшими показателями эколого-экономической эффективности представлены в табл. 2.

Как видно из расчетных данных, представленных в табл. 2, для каждого из исследуемых регионов имеется возможность существенного улучшения показателя эколого-экономической эффективности даже в присутствии ограничений на пропорциональное сокращение всех входов модели одновременно. В некоторых случаях (например, в случае Красноярского края, Иркутской и Кемеровской области) достижение целевого показателя только по одному входу позволяет вплотную приблизиться к границе эффективности. С практической точки зрения данный результат представляет особую ценность, так как позволяет правильно распределить ограниченные финансовые, материально-технические и другие ресурсы при планировании и реализации природоохранных мероприятий.

3. Решение задачи сравнительной оценки эколого-экономической эффективности электрогенерирующих предприятий России

Пусть входами модели АСФ оценки эколого-экономической эффективности электрогенерирующих предприятий России являются следующие показатели:

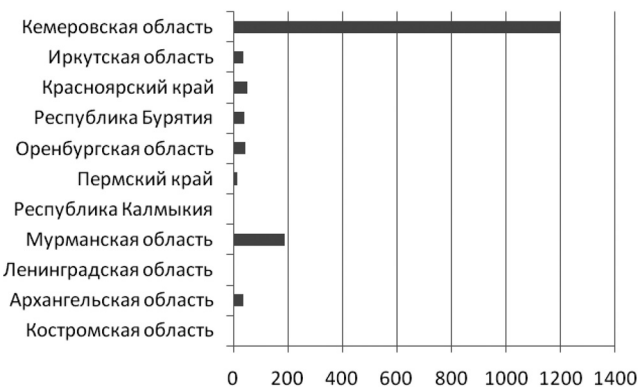


Рис. 3. Требуемые сокращения годовых объемов размещения отходов, млн т

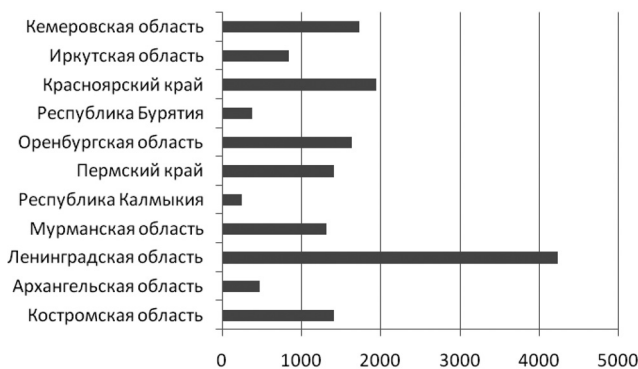


Рис. 4. Требуемые сокращения годовых объемов потребления свежей воды, млн м³

Значения условных мер эффективности для регионов, имеющих наихудшие показатели эколого-экономической эффективности

Регион	h	h^{if} сточные воды	h^{if} выбросы	h^{if} отходы	h^{if} потребление воды
Костромская область	0,26	0,65	0,29	0,48	0,26
Архангельская область	0,28	0,37	0,34	0,30	0,88
Ленинградская область	0,23	0,52	0,34	0,31	0,35
Мурманская область	0,11	0,21	0,30	0,18	0,6
Республика Калмыкия	0,25	0,55	0,32	0,28	0,64
Пермский край	0,28	0,39	0,48	0,36	0,59
Оренбургская область	0,17	0,25	0,44	0,30	0,63
Республика Бурятия	0,25	0,38	0,52	0,41	0,46
Красноярский край	0,17	0,68	0,34	0,22	0,99
Иркутская область	0,24	0,30	0,29	0,28	0,94
Кемеровская область	0,13	0,28	0,27	0,18	0,95

- x_{1j} — годовой объем выбросов в атмосферу (тыс. т);
- x_{2j} — годовой объем образования твердых отходов (тыс. т);
- x_{3j} — объем потребления свежей воды для производственных и бытовых нужд компании (млн м³)³.

Здесь, как и ранее, $j=1, \dots, K$, где K — количество анализируемых производственных объектов (электрогенерирующих предприятий). Выходами модели являются годовой объем выработки электрической (млн кВт·ч) и тепловой энергии (тыс. Гкал)⁴. Решим задачу ССР с постоянным эффектом масштаба для основных игроков на оптовом рынке электроэнергии и мощности — пяти генерирующих компаний оптового рынка электроэнергии (ОГК), которые объединяют крупнейшие тепловые электростанции России, и нескольких территориальных генерирующих компаний (ТГК), которые объединяют электростанции нескольких соседних регионов, не вошедшие в ОГК и работающие в составе изолированных энергосистем (всего 24 объекта) [12]. Решение задачи на более детализированном уровне — уровне отдельных ТЭС и ТЭЦ — представляется нецелесообразным, так как именно интегрированные структуры (ОГК и ТГК) имеют единый менеджмент: управленческие решения, в том числе по развитию систем экологического менеджмента, сертификации по ИСО 14001, инвестициям, направленным на снижение негативного воздействия на окружающую среду, принимаются именно на уровне ОГК и ТГК.

Результаты расчета мер эффективности и целевых показателей снижения негативных экологических

эффектов для неэффективных объектов, полученные в пакете прикладных программ MaxDEA, приведены в табл. 3.

По результатам расчетов на данных 2012 г. эффективными в эколого-экономическом смысле являются компании ОАО «Мосэнерго», ТГК-7, ТГК-11, ГК «Лукойл» и ОАО «Татэнерго». Эти компании производят наибольшие объемы электрической и тепловой энергии при наименьших негативных воздействиях на окружающую среду. Дальнейший рост эффективности этих компаний, как правило, ограничен технологически, так как они уже используют наилучшие доступные технологии [13].

Наихудшие показатели эколого-экономической эффективности у ОАО «Кузбасэнерго», «Энел ОГК-5», ОАО «Енисейская ТГК», ОГК-3 и ОГК-2. Как и в случае с региональными экономическими системами, описанном в предыдущем разделе, повышение эколого-экономической эффективности этих производственных объектов возможно при движении к границе эффективности по разным направлениям. Однако при выборе наилучшего способа повышения эффективности теперь важно не просто повысить эффективность самой компании как отдельного производственного объекта, но согласовать способ достижения эффективности с региональными приоритетами. Другими словами, задача повышения эффективности деятельности электрогенерирующего предприятия становится подчиненной задаче повышения эколого-экономической эффективности региональной экономической системы в целом. Рассмотрим алгоритм решения подчиненной задачи на примере выбора способа повышения эффективности компании ОГК-2.

4. Решение подчиненной задачи повышения эффективности деятельности электрогенерирующего предприятия

Решение задачи об оценке сравнительной эффективности электрогенерирующих компаний привело к признанию компании ОГК-2 в качестве неэффективной. Для повышения ее эффективности необходимо сокращение негативных экологических эффектов

³ Введение четвертого показателя — годового объема сброса недостаточно очищенных сточных вод — позволило бы полностью решить задачу согласования интересов электрогенерирующих компаний и регионов, однако технически не представляется возможным в виду отсутствия статистических данных по данному показателю в отчетах энергокомпаний.

⁴ Наличие двух выходов, ответственных за электрогенерацию и тепловую генерацию, позволяет учесть положительное влияние когенерационных технологий на общую эколого-экономическую эффективность компании. Это является основным отличием предлагаемого подхода от подхода, использованного в работах [8, 9].

Результаты решения задачи ССР для электрогенерирующих предприятий России

Название	Мера эффективности	Цель по выбросам в атмосферу, тыс. т	Цель по твердым отходам, тыс. т	Цель по потреблению воды, млн м ³
ОГК-1	0,37	91,5	224,66	886,87
ОГК-2	0,17	377,9	927,84	3662,84
ОГК-3	0,14	186,1	456,92	1803,79
ОГК-4 ОАО «Э.ОН Россия»	0,61	91,5	240,94	676
«Энел ОГК-5»	0,13	330,3	917,29	1825
ТГК-1	0,40	54,59	98,1	526,6
ТГК-2	0,27	82,98	237,7	364,7
ОАО «Мосэнерго» (ТГК-3)	1,00	51,4	126,2	498,2
ТГК-4 ОАО «Квадра»	0,97	20,94	35,6	201,8
ТГК-5	0,94	26,04	80,5	107,8
ТГК-6	0,59	26,3	30,5	282,17
ОАО «Волжская ТГК» (ТГК-7)	1,00	34,2	39,1	328,3
ТГК-9	0,49	122,2	350,37	532,7
ОАО «Фортум» (ТГК-10)	0,48	51,3	141,87	291,2
ТГК-11	1,00	131,8	1658,4	73,2
ОАО «Кузбассэнерго» (ТГК-12)	0,11	173,6	456,03	1296,9
ОАО «Енисейская ТГК» (ТГК-13)	0,14	127,3	352,20	720,6
ТГК-14	0,72	36,56	105,20	154,3
Генерирующие компании «Лукойл»	1,00	19,2	18,6	356,2
ОАО «Дальневосточная ГК»	0,26	245,7	1981,86	555,6
ОАО «Иркутскэнерго»	0,53	119,34	343,43	503,7
ОАО «Татэнерго»	1,00	17,2	49,5	72,6
ОАО «Башкирэнерго»	0,84	30,03058	79,3	219
ОАО «СИБЭКО»	0,22	82,5	230,54	437,4

Источник: Расчеты авторов на основе данных [12]

производства при сохранении объемов генерации электрической и тепловой энергии.

В состав компании ОГК-2 входят такие генерирующие объекты, как Адлерская ТЭС (Краснодарский край), Киришская ГРЭС (Ленинградская область), Красноярская ГРЭС-2 (Красноярский край), Новочеркасская ГРЭС (Ростовская область), Псковская ГРЭС (Псковская область), Рязанская ГРЭС (Рязанская область), Серовская ГРЭС (Свердловская область), Ставропольская ГРЭС (Ставропольский край), Сургутская ГРЭС-1 (Тюменская область), Троицкая ГРЭС (Челябинская область) и Череповецкая ГРЭС (Вологодская область). Таким образом, два генерирующих объекта (Киришская ГРЭС и Красноярская ГРЭС-2) компании расположены в регионах с наихудшими показателями эколого-экономической эффективности. Следовательно, приоритетными направлениями деятельности ОГК-2 по повышению эффективности своей деятельности должны стать уменьшение объема сброса сточных вод на Киришской ГРЭС и сокращение

потребления свежей воды на Красноярской ГРЭС-2.

Рассмотрим, как сокращение потребления воды на Красноярской ГРЭС-2 скажется на изменении эколого-экономической эффективности компании ОГК-2 и Красноярского края. Предположим, что в результате реализации инвестиционного проекта (например, проекта строительства систем повторного и оборотного водоснабжения), направленного на снижение водопотребления на Красноярской ГРЭС-2, забор свежей воды удалось сократить с 680 млн м³ (реальная величина водопотребления в 2012 г. по данным [14]) до 340 млн м³. Соответственно, на ту же величину сократилось общее водопотребление компании ОГК-2 и водопотребление в Красноярском крае. Результаты расчета изменения значений мер эффективности ОГК-2 и Красноярского края, вызванные реализацией данного инвестиционного проекта, представлены в табл. 4. Заметим, что все остальные показатели деятельности компании ОГК-2, также как и экологические и экономические эффекты регио-

Таблица 4

Результаты расчета изменений значений мер эффективности ОГК-2 и Красноярского края при сокращении объема забора свежей воды на Краснодарской ГРЭС-2

Объект	Мера эффективности до реализации инвестиционного проекта, h_1	Меры эффективности после реализации инвестиционного проекта, h_2	$\Delta = h_2 - h_1$
ОГК-2	0,17	0,17	0
Красноярский край	0,17	0,2	0,03

нальной экономической системы Красноярского края, оставлены без изменений.

Как видно из результатов расчетов, в результате (предполагаемой) реализации инвестиционного проекта природоохранного характера на Красноярской ГРЭС-2, эколого-экономическая эффективность компании ОГК-2 не изменилась, тогда как эколого-экономическая эффективность РЭС Красноярского края повысилась. Другими словами, реализованный инвестиционный проект принес больше внешних положительных эффектов, которые могут быть учтены только на региональном уровне, нежели внутренних, корпоративных. Экономическим стимулом реализации такого инвестиционного проекта для самой компании может быть только сокращение платежей за водопользование и снижение платы за сверхнормативные воздействия на окружающую среду в части водопользования (в случае наличия таковых у компании).

Выводы

Разработанный метод двухшагового экологического анализа среды функционирования позволяет осуществить выбор наиболее оптимальных направлений реализации природоохранных мероприятий крупных генерирующих компаний России в контексте повышения общей эколого-экономической эффективности регионов, на территории которых функционируют предприятия данных компаний. Стимулом к реализации таких природоохранных мероприятий для самих компаний является возможность успешной сертификации по новым требованиям стандарта ИСО 14001:2015, акцентирующим внимание на региональном компоненте деятельности предприятий, а также возможность сокращения платежей за потребление природных ресурсов и сверхнормативное загрязнение окружающей среды. Однако, учитывая тот факт, что наиболее значимые эффекты от реализации инвестиционных проектов электрогенерирующих компаний будут получены на региональном уровне, представляется целесообразным предусмотреть введение на региональном уровне дополнительных экономических стимулирующих мер, направленных на экстернализацию положительных внешних эффектов природоохранной деятельности энергетических компаний.

* * *

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект №16-06-00147 «Разработка моделей анализа среды функционирования для оптимизации траекторий развития региональных экономических систем по экологическим параметрам».

Список использованных источников

1. В. Я. Белобрагин. Рубикон перейден. Анализ отчета The ISO Survey-2014//Стандарты и качество, № 1, 2016. С. 90-96.
2. С. В. Ратнер. Задачи оптимизации траекторий развития региональных экономических систем по экологическим параметрам//Дружеровский вестник, № 2, 2016. С. 30-41.
3. 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. P. 1909-1917.
4. С. В. Ратнер, П. Д. Ратнер. Формирование стратегии экологического менеджмента электрогенерирующих компаний на основе методологии анализа среды функционирования//Управление большими системами. Вып. 60. М.: ИПУ РАН, 2016. С. 161-187.
5. Е. Ю. Хрусталева, П. Д. Ратнер. Анализ экологической эффективности электроэнергетических компаний России на основе методологии анализа среды функционирования//Экономический анализ: теория и практика, № 35, 2015. С. 33-42.
6. W. W. Cooper, L. M. Seiford, T. Tone. Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses: With DEA-Solver Software and References. New York: Springer, 2006.
7. P. J. Korhonen, M. Luptacik. Eco-efficiency analysis of power plants: An extension of data envelopment analysis//European Journal of Operational Research, No. 154, 2004. P. 437-446.
8. Е. Ю. Хрусталева, П. Д. Ратнер. Оценка экологической эффективности электроэнергетических компаний России на основе методологии анализа среды функционирования//Экономический анализ: теория и практика, № 35, 2015. С. 33-42.
9. Е. Ю. Хрусталева, П. Д. Ратнер. Экоинновации в электроэнергетике: оценка сравнительной эффективности//Инновации, № 9, 2015. С. 8-14.
10. В. Е. Кривоножко, М. М. Сафин, О. Б. Уткин, А. В. Лычев. Программный комплекс «EffiVision» для анализа деятельности сложных систем//Информационные технологии и вычислительные системы, № 3, 2005. С. 85-95.
11. Y. Bian, P. He, H. Xu. Estimation of potential energy saving and carbon dioxide emission reduction in China based on an extended non-radial DEA approach//Energy Policy, No 63, 2013. P. 962-971.
12. Функционирование и развитие электроэнергетики в 2011 г. Информационно-аналитический доклад. М.: Минэнерго РФ, 2012.
13. Н. А. Алмастьян. Анализ современной практики экологического менеджмента на российских предприятиях электроэнергетической отрасли//Russian Journal of Management, Vol. 3, Issue 6 (18), 2015. P. 662-671.
14. ОАО «ОГК-2». Годовой отчет-2013. http://www.ogk2.ru/report2013_2/index.html#/ru.

A method of coordination of ecologic priorities for energy generating companies and regional socio-economic systems

S. V. Ratner, Doctor of economics, Associated professor, Leading Researcher, Institute of Control Science, Moscow.

N. A. Almastyan, Postgraduate Student, Department of analytical chemistry, Kuban State University.

The new version of the ISO 14001:2015 standard increases requirements towards the regional context of activity for companies, which now need to look at the most important regional ecologic problems while developing their ecologic policies. Considering that the penetration rate of ISO 14001 is the highest among energy companies, the scientific problem of developing methods for coordinating the ecologic priorities of energy companies and regional socio-economic systems on their territory are becoming more relevant.

This work suggests a two-step method of non-parametric optimization, in which the problem of increasing efficiency of energy companies on a set of ecologic and economic parameters is viewed as a sub-problem of increasing the overall ecologic and economic efficiency of the regional economic system. This task is based on the input-oriented data envelopment analysis model with constant returns to scale. The method was tested by coordinating the ecologic priorities of OJSC «OGK-2» and the Krasnoyarsk Krai.

Keywords: non-parametric optimization, ecologic and economic efficiency, interest coordination, ISO 14001:2015 standard, data envelopment analysis.