

Формирование эколого-экономического механизма устойчивого развития энергетического сектора на основе критериев эко-эффективности

Аспирант Ю. А. Власенкова, доц., к.т.н. О. И. Сергиенко

Для достижения целей экологической и ресурсной эффективности энергетического сектора необходима разработка такой тарифной политики, которая бы стимулировала производителя переориентировать свою деятельность. В основу такой политики может быть заложена методика комплексной оценки эффективности систем энергоснабжения, базирующаяся на оценке всего жизненного цикла энергии и учитывающая помимо прямых производственных потоков, также и скрытые материальные потоки и воздействия всех процессов на окружающую среду.

Ключевые слова: энергетика, экология, Россия.

1. Обзор и систематизация подходов к оценке эффективности энергетического сектора

Ресурсная составляющая является в настоящее время, наиболее значимой в развитии экономики России, в связи с этим оценка реальной стоимости природных ресурсов и эффективность использования являются наиболее актуальными вопросами. Поскольку, энергетические ресурсы составляют основу государственных инвестиционных фондов, а также играют решающую роль в обеспечении жизнедеятельности государства, функционирование энергетического сектора требует к себе самого пристального внимания.

Несмотря на усилия многих специалистов, в настоящее время в мире нет адекватной стоимостной оценки природных ресурсов и эколого-экономического ущерба. Основные идеи, которые предлагает неоклассическая экономическая теория, для оценки природных ресурсов не дают возможности произвести адекватную оценку. Рыночные цены не учитывают необратимые экологические процессы (например, связанные с затоплением природных ресурсов и территорий вследствие возведения ГЭС, разрушением экосистем при прокладке магистралей, истощением недр, невозможностью в дальнейшем полезно использовать земельные ресурсы и др.). Сомнения относительно рыночных возможностей возникают здесь хотя бы потому, что в подобных случаях рыночные решения принимают далеко не все те, кого эти решения касаются. Не участвуют в рыночном выборе будущие поколения, хотя и не только они [2].

Цены, выражаемые в конвертируемых валютах, являются до сих пор единственно признанными показателями для сравнения ценности продуктов и

услуг, то есть их экономической ценности. Так как цены редко отражают, возможное воздействие производства продуктов и услуг на окружающую среду, то, очевидно, что должна быть установлена их «экологическая цена» [4].

Эффективность в сложившемся представлении рассматривается как мера реализации определенных целей и как соотношение между результатами и затратами, необходимыми для их получения. Традиционно в системе показателей эффективности выделяют три блока: «результативность», «экономичность», «рентабельность», как показано на рис. 1.



Рис. 1. Система показателей эффективности (цитируется по[1] с дополнениями авторов)

К показателям экономической эффективности можно отнести применяемые в экономике природопользования показатели природоёмкости. К ним относятся, например, энергоёмкость, землеёмкость, ущербоемкость, отходоёмкость. Применительно к энергетическому сектору данные показатели отражают собственное (прямое) потребление природных ресурсов на единицу выпускаемой энергии. Часто эти показатели определяются комплексно как показатели природоёмкости, которые зависят от эффективности использования природных ресурсов по всей цепи, соединяющей первичные природные ресурсы, продукцию, получаемую на их основе, и непосредственно конечные стадии технологических процессов, связанных с преобразованием природного вещества [3]. Несмотря на относительную полноту учета, тем не менее, за гранью рассмотрения остаются косвенные материальные потоки или так называемые «экологические рюкзаки» используемых ресурсов. Кроме того, остаются неохваченными стадии транспортировки, распределения и потребления соответствующей продукции или услуги, следовательно, природоёмкость существенно занижается. Жизненный цикл энергетических ресурсов представлен на рис 2.

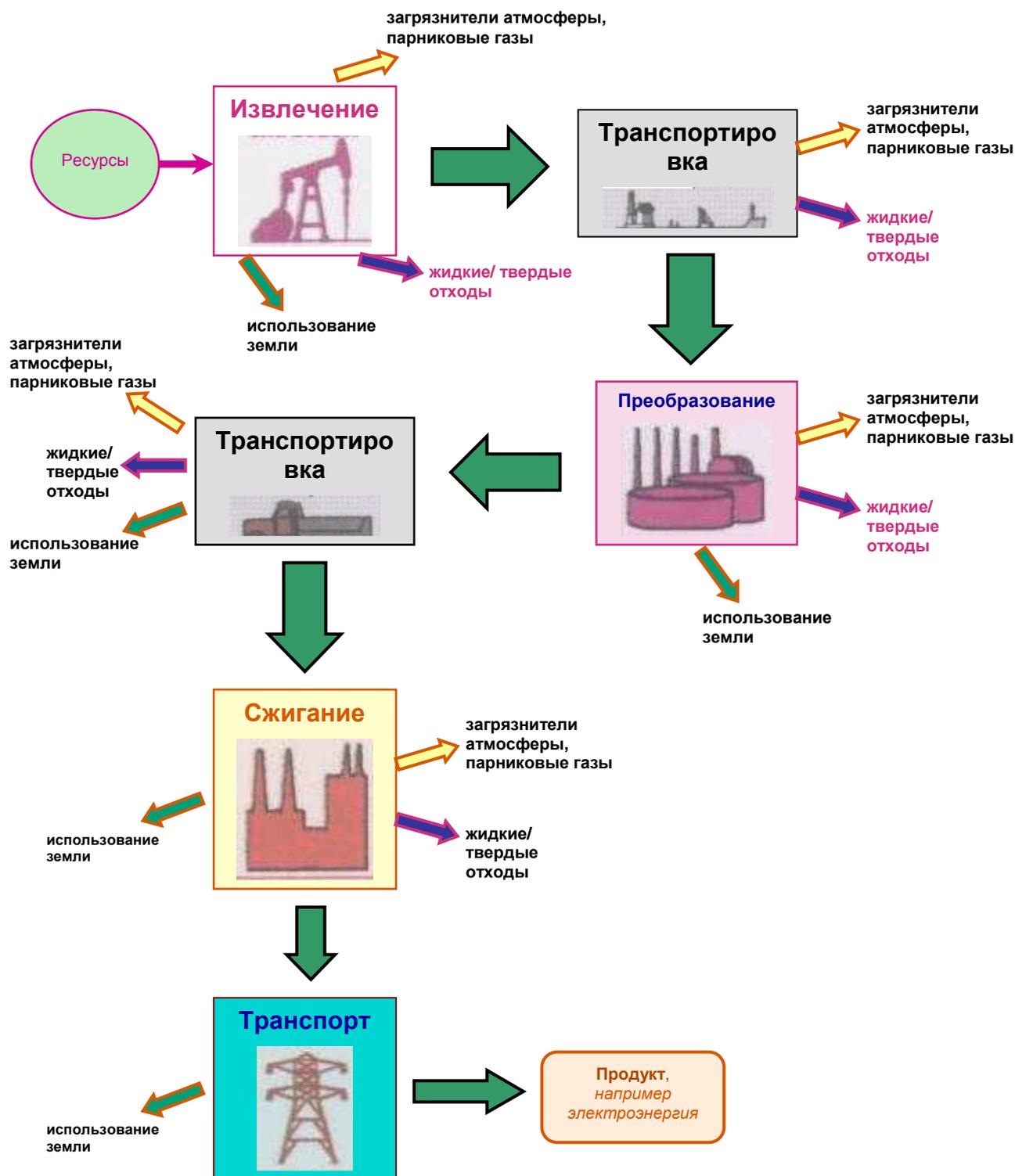


Рис. 2. Жизненный цикл энергии и его воздействия на окружающую среду [6]

Оценка жизненного цикла как тип системного анализа может быть использована для разработки политики и стратегии развития энергетического сектора с целью минимизации экологической нагрузки, возникающей при производстве энергоресурсов. ОЖЦ позволяет определить не только участки жизненного цикла с максимальным выделением парниковых газов,

образованием отходов и сточных вод, но также и элементы производственной цепи с максимальным потреблением природных ресурсов.

Традиционный показатель ресурсоемкости продукции рассчитывается следующим образом:

$$R_{np} = \frac{B_n}{P}, \quad (1)$$

где R_{np} -удельное потребление данного вида ресурса на единицу готовой продукции (кг/шт, т/т и т.п.); B_n - расход данного вида ресурсов; P - объем валовой продукции [3].

Для большинства видов продукции R_{np} имеет нормативный характер. Обзор основных показателей энергоэффективности и иллюстрация охвата ими стадий жизненного цикла энергоресурсов приведены в табл. 1. На пересечении строк и столбцов табл. 1 приведены потребляемые ресурсы, учитываемые при расчёте соответствующих показателей. Например, топливно-энергетические ресурсы (ТЭР) относятся к таким видам первичных (ископаемых) ресурсов, как уголь, нефть, газ, торф, а также к уже преобразованным первичным ресурсам, т.е. продуктам – мазуту, дизельному топливу, на получение которых также требуется энергия и другие виды ресурсов. Под термином «материальные потоки» понимают суммарное прямое потребление природных ресурсов на определенной стадии жизненного цикла. Например, расход энергетических ресурсов в стоимостном или/и в натуральном выражении (в т.у.т.) применяется наиболее часто при расчете показателей эффективности энергетического сектора.

Таблица №1. Систематизация существующих подходов к оценке эффективности энергетического сектора по стадиям жизненного цикла.

№ п/п	Наименование показателя эффективности, единицы измерения	Добыча первичных ТЭР	Транспортировка	Генерация	Передача/распределение	Потребление	Примечание
1	Показатель энергетической эффективности (удельный расход ТЭР), тут/кВт*ч			ТЭР			ТЭР – топливно-энергетические ресурсы
2	Коэффициент полезного использования энергии, %			ТЭР		ТЭР	
3	Коэффициент полезного действия (КПД), %			ТЭР			Используется для оценки эффективности работы энергетических установок
4	Потеря энергии, кВт*ч	ТЭР	ТЭР	ТЭР	ТЭР	ТЭР	
5	Удельное энергопотребление, кВт*ч/ед.продукции (услуги)	ТЭР	ТЭР	ТЭР	ТЭР	ТЭР	
6	Полная энергоёмкость продукции, кВт*ч (тут)/ед.продукции (услуги)	ТЭР	ТЭР	ТЭР	ТЭР	ТЭР	
7	Удельная энергоёмкость продукции, тут/ед, руб			ТЭР		ТЭР	
8	Энергоёмкость производства продукции, энергоёмкость национального дохода, энергоёмкость ВВП, кВт*ч/ед.продукции (услуги)(метр, тонну, шт и пр); кВт*ч/НД (тыс. руб); кВт*ч/ВВП					кол-во энергии, ТЭР на единицу ВВП, НД и т.п	ВВП – внутренний валовой продукт НД – национальный доход
9	Показатель экономичности энергопотребления изделия, кВт*ч/ед. продукции (услуги)					кол-во энергии	Под изделием понимают любой вид продукции или услуги
10	Показатель энергосбережения, тут,					кол-во	

	кВт*ч					энергии	
11	Показатели эффективности передачи энергии, тут, кВт*ч					кол-во энергии	
12	Удельные показатели эффективности передачи энергии, кВтч(Гкалл)/км, кВт*ч,Гкалл					кол-во энергии	
13	Обеспеченность прироста потребности в ТЭР за счет их экономии, %					кол-во энергии	
14	Показатель природоёмкости (землеёмкость, ущербоемкость, отходоёмкость), н.р.	мат. потоки	мат. потоки	мат. поток и	мат. потоки	мат. потоки	Показатель может быть использован для оценки расхода одного или нескольких ресурсов на единицу конечной продукции, не учитывает скрытых материальных потоков
15	Материальная интенсивность (MIPS), т/т	мат. потоки	мат. потоки	мат. поток и	мат. потоки	мат. потоки	Показатель может быть использован для оценки расхода всех ресурсов (прямых и скрытых материальных потоков) на единицу продукции или услуги

Показатели эффективности, традиционные для объектов энергетического сектора, учитывают прямые потоки энергии (первичных энергетических ресурсов) на отдельных этапах жизненного цикла. К числу наиболее употребляемых показателей относят те, которые оценивают конечные экономические результаты на отдельных стадиях жизненного цикла (см., например, показатели №3, 4, 7, 8, 11 табл. 1). Наоборот, те показатели, которые наиболее полно охватывают жизненный цикл энергетических ресурсов, на практике используются крайне редко или не используются. К таким показателям, например, относятся природоёмкость продукции, MIPS, полная энергоёмкость. Таким образом, несмотря на многообразие существующих показателей, очевидна неполнота подходов и отсутствие системности в оценке эффективности энергетического сектора.

2. Возможности применения критерия MIPS в энергетическом секторе

Шмидт-Блик сформулировал требования к показателю, для оценки возможного экологического воздействия производства продуктов, услуг и экономического развития, который в целом должен удовлетворять следующим требованиям [4]:

- Должен быть основан на измеряемых или вычисляемых величинах;
- Относиться к значимым экологическим воздействиям,
- Применяться ко всем видам продуктов, услуг и к экономическому развитию в целом;
- Быть правильно и безопасно ориентированным;
- Вести к прозрачным, затратно-прибыльным, воспроизводимым и своевременным решениям;
- Формировать «мост» к экономической теории;
- Применяться на глобальном уровне (для гармонизации во всем мире), если он предназначен для корректировки рынка существующей массивированной диспропорции в размещении природных ресурсов.

В 1992 г. Шмидт-Блик предложил показатель, который удовлетворяет этим условиям, в частности: материальный (и энергетический) вход во всем жизненном цикле на единицу продукции, услуги (или извлекаемой ценности) – величину MIPS (от англ. Material Input Per Service Unit):

$$MIPS = \frac{MI}{S}, \quad (2)$$

где MI –материальный вход или сумма всех входных материальных потоков, включая те материалы, которые требуют энергии для своего производства; MI имеет размерность единиц массы; S – выпускаемая продукция или услуга; размерность S может быть различной в зависимости от вида продукции или услуги.

Данный показатель, характеризует материальный вход на единицу продукции или услуги. MIPS служит для оценки воздействия на окружающую среду материального входа, необходимого для производства продукции или

услуги, так как он показывает суммарное количество материальных ресурсов, используемых для получения этого продукта или услуги.

Рассмотрение жизненного цикла продукции является необходимым при выполнении *MIPS*-анализа, так как экологический ущерб, который оказывает производство или потребление того или иного продукта на природу не всегда очевиден, но согласно концепции *MIPS* существует всегда, и любой продукт несет невидимый «экологический рюкзак». «Экологический рюкзак» определяется как разница между суммарными материальными потоками на всем жизненном цикле продукта и полезным весом этого продукта. Для единицы услуги «экологическим рюкзаком» является совокупное материальное потребление на ее производство.

$$\begin{aligned} \text{«Экологический рюкзак продукта»} &= MI - \text{вес полезного продукта} \\ \text{или «Экологический рюкзак услуги»} &= MI \end{aligned} \quad (3)$$

Уменьшение *MIPS* может быть достигнуто заменой материалов, используемых в производстве продукции на материалы с меньшим «экологическим рюкзаком» или уменьшением расхода материалов, или увеличением величины *S*.

В отличие от известного показателя ресурсоемкости $R_{пр}$ (см (1)), учитывающего только прямые потоки природных ресурсов и не включающего в себя объем скрытых материальных потоков, *MIPS* учитывает все материальные потоки в жизненном цикле продукта/услуги. Поэтому, в качестве одного из критериев при принятии решений в энергетическом секторе предлагается использовать показатель *MIPS* как удельную ресурсоемкость в жизненном цикле производства единицы энергии. Если рассматривать обратную величину, то можно сделать вывод о продуктивности ресурса, т.е. можно подсчитать, сколько пользы можно извлечь из определенного «количества природы». Тогда, критерий экологической эффективности или эко-эффективности (*EE*) определяется следующим образом:

$$EE = \frac{1}{MIPS} = \frac{S}{MI}. \quad (4)$$

Применение показателей *MIPS* и *EE* способствует реализации концепции устойчивого развития за счет принятия экологически сбалансированных решений, как на уровне отдельных отраслей экономики, так и на региональном, национальном и глобальном уровнях. Совместное рассмотрение процессов на всех этих уровнях обеспечивает оптимизацию всех материальных входов, необходимую для увеличения ресурсной продуктивности во всем жизненном цикле продукции или во всей экономике в целом.

Методика *MIPS*-анализа, впервые предложенная специалистами Вуппертал-Института по вопросам климата, энергии и окружающей среды, (Германия), была апробирована авторами для анализа эффективности функционирования энергетического сектора. По данным Комитета по энергетике и инженерному обеспечению администрации СПб была определена ресурсоемкость производства тепловой и электрической энергии, получаемой из традиционных источников в Санкт-Петербурге, а также из альтернативного источника - ветровой энергии Северо-Западном регионе (табл. 3). В последнем столбце для сравнения

приводятся аналогичные показатели, полученные исследователями Финляндии и Германии [5].

Таблица 3. Показатели MIPS энергоресурсов

Наименование энергоресурса	MIPS RUS, кг/кВт-ч (без учета стадии транспортировки)	MIPS RUS, кг/кВт-ч (с учетом стадии транспортировки)	MIPS FIN/D, кг/кВт-ч
Тепловая энергия (традиционные источники)	0,30	0,8	0,4
Электрическая энергия (традиционные источники)	0,37	0,7	0,41
Электрическая энергия (ветровая)	0,1044	-	0,07

Полученные российские показатели MIPS для тепловой (0,8 кг/кВт-ч) и электрической энергии (0,7 кг/кВт-ч) превышают значения, полученные европейскими специалистами (для тепловой энергии - 0,4 кг/кВт-ч и для электрической энергии – 0,41 кг/кВт-ч). Это связано с тем, что при вычислении показателя учтены «скрытые» транспортные потоки в жизненном цикле энергоресурсов, доля которых от общего материального потребления составляет 51 % для тепловой и 58 % для электрической энергии. Соответствующие показатели MIPS без учета стадии транспортировки составляют 0,3 кг/кВт-ч и 0,37 кг/кВт-ч.

Значение показателя MIPS для электрической энергии, получаемой на отечественной ветроустановке, составляет 0,1044 кг/кВт-ч. Основной вклад в материальное потребление вносит стадия распределения электрической энергии ветроустановки (68 % от общего материального потребления). Очевидно, экологический «вес» ветровой энергии можно сократить, если потребитель находится в непосредственной близости от ветроустановки. Для сравнения показатель MIPS для ветровой энергии по данным Вуппертал-Института равен 0,07 кг/кВт-ч. Сопоставление полученных результатов с данными исследователей Финляндии и Германии было бы более обоснованным, в том случае, если границы анализируемой системы включали одни и те же стадии жизненного цикла. Отсутствие информации о границах анализируемой системы в работах зарубежных исследователей не позволяет сделать окончательный вывод о правомерности сопоставления найденных MI-чисел для различных видов энергии с зарубежными.

3. Применение индикатора эко-эффективности для формирования тарифной политики в энергетическом секторе

Для достижения целей экологической и ресурсной эффективности энергетического сектора необходима разработка такой тарифной политики, которая бы стимулировала производителя переориентировать свою деятельность.

В основу такой политики может быть заложена методика комплексной оценки эффективности систем энергоснабжения, базирующаяся на оценке всего жизненного цикла энергии и учитывающая помимо прямых производственных потоков, также и скрытые материальные потоки и воздействия всех процессов на окружающую среду. Отсутствие учета материальных потоков в жизненном цикле может привести к негативным эффектам (нарушению экосистем, сокращению биоразнообразия, росту количества отходов, загрязнению атмосферы и др.) даже, если для производства энергии будут использоваться ВИЭ. Поэтому переход к потреблению энергии от возобновляемых источников должен быть тщательно проанализирован, спланирован и организован.

В связи с этим предлагается использование рассмотренных выше критериев эко-эффективности MIPS и EE для учета экологического фактора в тарифной политике энергетического сектора.

Формирование системы базовых тарифов (BT) на отпускную электроэнергию с учетом критерия эко-эффективности (EE), определяемого на основе оценки жизненного цикла производства энергоресурсов (рис. 2).

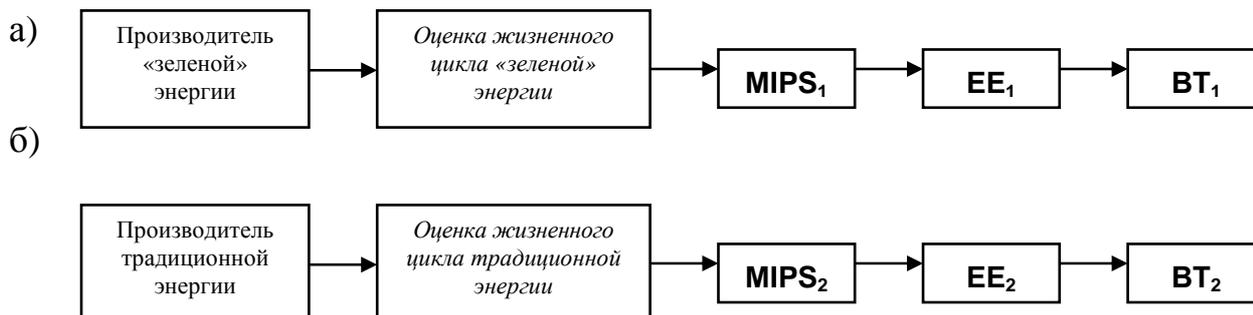


Рис. 2. Формирование тарифов на отпускаемую электроэнергию с использованием критерия эко-эффективности

(а - производство энергии из возобновляемых источников; б) – производство энергии из традиционных источников)

Критерий MIPS, как количественная мера для сравнения используемых в жизненном цикле материальных потоков, может быть использован для сравнения и выбора оптимальных способов получения энергоресурсов, включая и те, которые основаны на использовании альтернативных возобновляемых источников энергии. Применение оценки жизненного цикла и MIPS-анализа в системе «зеленой» сертификации энергии может рассматриваться как дополнительный экономический стимул для мотивации производителей «зеленой» энергии при условии их дополнительного включения в схему формирования энергетических тарифов. Предлагаемое изменение является добровольным для производителей энергоресурсов, однако при распространении

практики «зеленой» сертификации возобновляемой энергии в Европейском Союзе, может стать необходимым условием для российских экспортеров электроэнергии. Для Европейского Союза высоким приоритетом является увеличение доли производства или импорта от возобновляемых источников энергии с 13,9 % в 1997 г. до 22 % в 2010 г. и основной мерой перехода к потреблению энергии от возобновляемых источников было выбрано внедрение системы «зеленых сертификатов».

Для первого шага реализации такой энергетической политики «тарифный» эксперимент можно было бы отработать в пилотном регионе, например, в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Важно, чтобы в этом процессе нашли воплощение все положительные инициативы, направленные на всестороннее развитие процессов устойчивого социально-экономического экологически безопасного развития в регионе, которые могли бы в дальнейшем распространяться Федеральным Правительством на другие регионы.

MIPS-анализ не является самоцелью, он необходим, чтобы помочь компании в экономии энергоресурсов, повышении имиджа и конкурентоспособности, с точки зрения количества энергоресурсов, их качества и цены. Это удобный инструмент для получения непрерывного улучшения в отношении энергосбережения и выбора источников энергии.

Список литературы

1. Гительман Л. Д., Ратников Б. Е. Энергетический бизнес: Учебное пособие. – М.: Дело, 2006. – 600 с.
2. Пахомова Н. В., Рихтер К. К. Экономика природопользования и экологический менеджмент: Учебник для вузов. – СПб.: Издательство С.-Петербургского ун-та, 1999. – 448 с.
3. Экология и экономика природопользования: учебник для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям/ Под ред. Э. В. Гирусова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 591 с.
4. Основы теории эко-эффективности: Монография/ Под науч. ред. О. Сергиенко, Х. Рона. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2004. – 223 с.
5. <http://www.mips-online.com>
6. <http://www.oeko.de>