

# ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ: ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ



## КОНСТАНТИН ОГОЛЬЦОВ

Академия МНЭПУ,  
кафедра  
менеджмента,  
аспирант

**Энергия — это универсальный феномен, двигатель индустриального общества, культура которого во многом определяется формой энергоснабжения. Энергия обеспечивает такую свободу действий, которая без нее не представлялась возможной. Если рассматривать энергию наряду с материалами, трудом и капиталом как решающий производственный фактор, то участие энергии в создании добавленной стоимости составляет примерно 10% [4].**

Решение энергетического вопроса имеет существенное значение для перехода к промышленной экологии. Энергия представляет собой необходимый ресурс для сокращения внутренней энтропии, что является условием поддержания производственных процессов. Для учета материальных потоков также требуется рассмотрение энергоснабжения.

Преобладающее в настоящее время производство полезной энергии из ископаемых энергоносителей порождает материальные потоки, превышающие те, что обуславливаются производством товаров и услуг. В частности, нужно учитывать горы мусора, возникающие при добыче энергоносителей, а также нежелательные эмиссии при преобразовании энергоносителей в полезную энергию.

При производстве полезной энергии из ископаемых энергоносителей следует регистрировать поток  $\text{CO}_2$ , который нарушает правила устойчивого развития и превосходит границы «прочности» атмосферы [1]. Материальные потоки, связанные с энергоснабжением, необязательно находятся поблизости от их виновника, но ответственность за них можно локализовать в месте потребления энергии и списать на потребителей.

### АННОТАЦИЯ

Рассматриваются проблемы, связанные с организацией устойчивого энергоснабжения в промышленной экологии, формы получения энергии, экономические аспекты устойчивого энергоснабжения.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Устойчивое развитие, промышленная экология, устойчивое энергоснабжение.

### УСТОЙЧИВОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ

Для устойчивого энергоснабжения особое значение имеет выработка электроэнергии из возобновляемых источников, так как эксплуатация ископаемых энергоносителей представляет собой ограниченный во времени феномен. Это показывают как геологические инструменты (кривая Хубберта), так и анализ неоклассической экономики ресурсов. В узком смысле устойчивым может быть только регенеративное энергоснабжение, хотя при нынешнем состоянии техники, отношений и институциональных условий это нереализуемо как технологически, так и экономически.

Ископаемые энергоносители ограничены, из-за этого они не могут квалифицироваться как устойчивые энергоносители (даже без оценки их экологических воздействий). Ядерную энергию также нельзя получать в долгосрочном периоде на основе имеющихся технологий. Кроме того, предварительные и последующие затраты энергии настолько высоки, что отношение выхода энергии к входу в атомной энергетике составляют приблизительно 2,7 к 1. Так как до сих пор удовлетворительно не решен вопрос утилизации радиоактивных отходов, атомная энергетика не является устойчивым решением. Она противоречит принципу ответственности за последствия. Проведено достаточное количество исследований, доказывающих, что она имеет мало смысла с точки зрения устойчивости и при этом порождает больше экономических убытков по сравнению со всеми другими энергоносителями. Из-за высокого потенциала риска и необходимости контроля материальных потоков атомная энергетика не может применяться в рамках промышленной экологии.

Итак, возникает вопрос, как следует заменить нынешние источники энергии на пути к устойчивому развитию?

Производство регенеративной энергии для всего хозяйственного оборота является намного более сложной задачей, чем краткосрочное обеспечение потребностей в энергии путем примитивного сжигания ископаемых энергоносителей, при котором большая часть получаемой энергии теряется в виде тепла, что с точки зрения термодинамики равносильно пустой трате. Сжигание ископаемых энергоносителей — это ошибочная технология, при которой эмиссии газов ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , и т.п.) в атмосферу превышают способность глобальных экосистем к регенерации. Кроме того, эта технология подчиняется термодинамическому ограничению Карно и поэтому неэффективна. В этом смысле промышленная экология означает отказ от менталитета энергетического изобилия и развитие нового видения. Ископаемые энергоносители должны были служить в лучшем случае для того, чтобы

### ANNOTATION

It considers the problems connected with the organization of sustainable energy supply in industrial ecology, forms of energy, economic aspects of sustainable energy supply.

### KEYWORDS

Sustainable development, industrial ecology, sustainable supply of energy.

последовательно использоваться для регенеративной выработки электроэнергии, так как последняя не вызывает эмиссий, превышающих ассимиляционные способности экосистем.

### ГЛАВНЫЕ ПРЕПЯТСТВИЯ

Во всех подходах к обеспечению устойчивого энергоснабжения нужно учитывать препятствия устойчивой энергетической политике. Они охватывают как ее экологические последствия (выпуск  $\text{CO}_2$ , потребность в площадях, защиту расположенных поблизости экосистем, защиту морских экосистем), так и социально-экономические проблемы (надежность снабжения, доступность для всего населения, более приемлемые затраты и риски для здоровья). Гарантировать это все на пути промышленного развития — одна из задач промышленной экологии. Методы регенеративного получения энергии с их тенденциями к диверсификации, эффективности, инновационности и близости к клиенту гораздо больше учитывают известные экологические принципы, чем высокотехнологичная выработка энергии за счет ископаемых энергоносителей.

Таким образом, регенеративные методы идеально встраиваются в промышленную экологию. Тем не менее энергоснабжение исключительно за счет возобновляемых источников очень серьезно обсуждается. Во-первых, снабжение возобновляемой полезной энергией также требует затрат энергии и сырья, во-вторых, распределение децентрализованно производимой энергии не может осуществляться без потерь. Решающим является нетто-производство полезной энергии, которое противопоставляется непосредственному спросу. Выработка электроэнергии должна стремиться к форме, которая минимизирует связанные с ней материальные потоки, в значительной мере использует природные энергетические потоки и функционирует в долгосрочном периоде с минимальным вмешательством в природу и минимальными потребностями в площадях. Реорганизация энергоснабжения будет частью процесса перехода к промышленной экологии.

### НЕРЕШАЕМЫЕ ПРОБЛЕМЫ?

При эксплуатации энергии из возобновляемых источников существенной проблемой является большая потребность в площадях из-за принципиально низкой плотности располагаемой первичной энергии (солнечное излучение, ветер, уклон, приливы и отливы, волны, биомасса, тепло Земли) и чрезмерной потребности индустриального общества в энергии.

Например, для замены энергетической стоимости примерно 3% природного газа пригодным для хранения на складе и транспортабельным водородом даже в солнечном поясе Земли (около  $30^\circ$  широты) требуется примерно  $4400 \text{ км}^2$ , в наших умеренных зонах (около  $50^\circ$  широты) —  $8000 \text{ км}^2$  [4]. Потребность в площадях для полного (глобального) регенеративного энергоснабжения невероятно велика и конкурирует с другими формами использования земли. Кроме того, регенеративное энергоснабжение требует крупных инвестиций на сооружение устройств и инфраструктуры для хранения и распределения.

При использовании солнечных батарей сильно уменьшается альбедо (Характеристика отражательной (рассеивающей) способности поверхности. — *Прим. ред.*), что ведет к дополнительному нагреванию близлежащих к земле слоев воздуха, которое влечет за собой последствия для экосистемы, до сих пор не исследованные наукой.



Аэродинамические установки оказывают признанные оптические и акустическими воздействия на окружающую среду.

Таким образом, в обозримом будущем не будет производства полезной энергии из регенеративных источников по нулевому, с экологической точки зрения, тарифу. Несмотря на это, считается, что потенциал регенеративной энергии достаточен для развития промышленной экологии, и имеются признаки того, что это возможно. Однако для этого требуется принципиальное переосмысление современных структур энергоснабжения, которое построено на централизованных промышленных установках. Кроме того, этот вопрос можно будет решить только на глобальном уровне. При этом наряду с техническими ограничениями нужно учесть и экономические ограничения. Все-таки речь пойдет о сокращении ежегодного выпуска  $\text{CO}_2$  на 10% современной массы, если ориентироваться на актуальные научные исследования, которые принимают за основу сценариев устойчивое развитие. Это постановка задачи, которую должна обеспечивать промышленная экология, потому, с одной стороны, промышленность выступает и как потребитель, и как производитель энергии, а с другой стороны, выпускает в обращение продукты и услуги, которые при использовании оказывают влияние на общее потребление энергии.

### ФОРМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

Какие формы получения энергии могут использоваться в промышленной экологии и какие последствия нужно ожидать при переходе к ней? Всемирное потребление энергии составляло (в зависимости от исследования) в 2003 году примерно 14,9 млрд т условного топлива [2], что

соответствует примерно 436 ЭДж. В 2005 году оно было примерно 442 ЭДж [2]. В пересчете на мощность эта энергия соответствует примерно 14 ТВт, которые более чем на 80% обеспечивались за счет ископаемых энергоносителей. Исследования показывают, что к 2050 году потребление энергии вырастет на 100%, а к 2100 году — на 200%, что, с одной стороны, в долгосрочном периоде должно обеспечиваться из возобновляемых источников, а с другой — должно снижаться за счет соответствующих мероприятий в рамках промышленной экологии. Ежегодная глобальная потребность в энергии в долгосрочной перспективе превысит 20 ТВт, которые нужно производить исключительно регенеративным путем.

Для регенеративной выработки электроэнергии нужно различать солнечные и несолнечные потенциалы. Несолнечный источник «геотермия» может обеспечивать максимально примерно 2 ТВт полезной энергии. Несолнечный источник «сила приливов» имеет предельный вклад 3—5 ТВт в год [3]. Солнечные источники, такие как биомасса, солнечная термия, фотовольтаика, гидроэнергия, волны и ветер, более значительны. Различные сценарии в научных исследованиях оценивают ежегодное экономически приемлемое регенеративное производство энергии в 2050 году между 17 и 20 млрд тонн условного топлива, т.е. между 15,8 и 18,6 ТВт [6]. Если эти, скорее консервативные, энергетические исследования скомбинировать с идеальным сценарием развития промышленной экологии, который, несмотря на глобальный экономический рост, благодаря стратегиям эффективности обеспечивает лишь незначительный подъем потребления энергии, в долгосрочном периоде возможно устойчивое энергоснабжение с отказом от ископаемых энергоносителей. В любом случае это требует последовательной структурной перестройки системы энергоснабжения, независимо от того, используется ли технически мягкий «солнечный сценарий» с сильной институциональной ориентацией на эффективность и децентрализованное энергоснабжение или жесткий «солнечный сценарий» с централизованными высокотехнологичными промышленными решениями по сооружению водородных станций с регенеративной выработкой электроэнергии. Оба варианта технически и экономически реализуемы. Даже для России до 2100 года возможно полное регенеративное энергоснабжение при условии, что оно будет сочетаться с управлением, направленным на эффективное использование энергии. Жесткий «солнечный сценарий» требует высокотехнологических решений в солнечном поясе Земли, долгосрочной стабильной кооперации севера с югом с далеко идущими политическими последствиями относительно энергетической зависимости от государств-производителей. Американское исследование «Energy and Defense Project» (1980 год) пришло к выводу, что даже при тогдашнем состоянии техники было (теоретически) возможно полное регенеративное снабжение США до 2050 года [5]. Это было бы осуществимо уже за счет использования непосредственного солнечного излучения фотовольтаикой. Однако объединяет все эти сценарии то, что они построены на высокой диверсификации на всех уровнях выработки электроэнергии:

- на уровне первичной энергии: вода, ветер, солнце, геотермика;
- на уровне трансформации: преобразование биомассы, фотовольтаика, солнечная термия, аэродинамические установки, гидроэлектростанции и электролиз;



*Расположенные на крыше тоннеля солнечные батареи (показаны стрелками) обеспечивают электропитанием освещение тоннеля, светофор, дорожные знаки, видеокамеру и колонну аварийной связи на трассе.*

- на уровне энергоносителей: жидкое, твердое и газообразное горючее, тепло и электричество;
- на уровне конечной энергии: тепло из-за разности температур, механическая кинетическая энергия и специфическое электричество.

### ПОСТРОЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

С точки зрения промышленной экологии устойчивое получение, хранение и распределение энергии должно базироваться на повторно используемых материалах. Это свойство в различных опциях выражается по-разному, что нужно учитывать при принятии управленческих решений по основным вопросам производства энергии. Выработку электроэнергии необходимо осуществлять как можно ближе к месту ее потребления, так как хранение и транспортировка энергоносителей всегда связаны с потерями эффективности. Это возвращает нас к разнообразию методов производства энергии.

#### **Экономические аспекты устойчивого энергоснабжения**

Невозобновляемые энергоносители из-за их перспективного сокращения закономерно характеризуются прогрессивным ростом функции издержек. Последние в долгосрочном периоде не могут снижаться даже при повышении эффективности технологий. Прогрессивный рост функции наступает не позднее момента получения максимального сырьевого дохода (например, пик нефти).

Получение энергии из возобновляемых источников сейчас, напротив, характеризуется дегрессивной функцией издержек, прежде всего из-за экономии на объемах (economies of scale) при производстве необходимых средств производства (например, солнечных батарей путем массового производства), из-за непрерывного совершенствования технологий (более эффективных аэродинамических установок), а также из-за упреждения растущих издержек на ископаемые энергоносители.

Конкурентоспособно ли предоставление необходимой для промышленного производства энергии из возобновляемых источников? Это вопрос времени, когда пересекутся кривые издержек (затраты/кВтч). Кроме того, если учесть экологические (внешние) издержки выработки



электроэнергии, точка пересечения не только приближается, она уже достигнута. Тем не менее в среднесрочном периоде выработка электроэнергии из ископаемых энергоносителей обходится дешевле, так как новые технологии требуют существенных капиталовложений, к тому же высока стоимость обслуживания и сопутствующие расходы на бытовое и культурное обслуживание. В любом случае развитие относительных издержек также зависит от динамики издержек добычи ископаемого горючего при его возрастающей ограниченности. Для того чтобы обеспечить устойчивое энергоснабжение, требуются, по меньшей мере, либо государственные дотации, либо — в идеале — ее широкое использование конечными потребителями и неправительственными организациями. Первое существенно более многообещающе, последнее рассматривается в качестве поддержки. Как с экономической точки зрения, так и с точки зрения экологической совместимости промышленная экология подразумевает, что в долгосрочном периоде отсутствует альтернатива регенеративному энергообеспечению. Вследствие этого целенаправленное содействие соответствующим научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам является важной частью стратегии перехода к промышленной экологии. Только при повышении издержек, связанных с площадями для получения регенеративной энергии, деградация динамика себестоимости сгладится, и начнется рост издержек. Тем не менее это не изменяет тот факт, что в долгосрочном периоде невозможно устойчивое энергоснабжение за счет ископаемых энергоносителей, а количество энергии, которое имеется в распоряжении в единицу времени, ограничено. Потенциал регенеративной энергии ограничен в соответствии с законами природы, из-за чего предельные издержки производства поднимаются при приближении к границе потенциала. Это также показывает, какое значе-

ние имеет совершенствование технологий, институтов и поведения в этой области. Чем эффективнее будет нетто-производство энергии из возобновляемых источников на единицу площади, тем важнее станет эта отрасль для экономического развития региона, так как для этих продуктов вырастут экспортные шансы. Таким образом, в рамках перехода к промышленной экологии возникают дополнительные изменения в экономической структуре.

#### Библиографический список:

1. Харченко С.Г., Дорохина Е.Ю. Анализ рисков окружающей среды // Вопросы анализа риска. — 2009. — № 1–2 (15–16). — С. 92–105.
2. BP. *Quantifying Energy*. BP Statistical Review of World Energy June 2006 o.O. — 2006.
3. Conrad J. *Grundsätzliche Überlegungen zu einer nachhaltigen Energieversorgung* // Nutzinger H.G. (Hrsg. 1995). *Nachhaltige Wirtschaftsweise und Energieversorgung. Konzepte, Bedingungen, Ansatzpunkte*. — Marburg, 1995. — S. 51–79.
4. Erbrich P. *Grenzen des Wachstums im Widerstreit der Meinungen. Leitlinien für eine nachhaltige ökologische, soziale und ökonomische Entwicklung*. — Stuttgart, 2004.
5. Eurosolar. *Verstreute, dezentralisierte und erneuerbare Energiequellen: Alternativen zur nationalen Verwundbarkeit und Krieg* // *Solarzeitalter, o.J.*. Jg. — 2003. — H. 1. — S. 6–8.
6. Nitsch J., Nast M., Pehnt N. u.a. *Schlüsseltechnologie regenerative Energien. Teilbericht im Rahmen des HGF-Projektes «Global zukunftsfähige Entwicklung — Perspektiven für Deutschland»*. Teil A und B. — Stuttgart, Karlsruhe, 2001.
7. WEC und DNK *Energie für Deutschland. Fakten, Perspektiven und Positionen im globalen Kontext*. — Essen, 2004.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В ЛОГИСТИКЕ

К СТАТЬЕ «ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ: ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ»

### ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ «ФМ ЛОЖИСТИК»



В 2009 году международный логистический оператор «ФМ ЛОЖИСТИК» ввел в эксплуатацию складскую платформу в городе Лоден (Франция). Она предназначена для логистического обслуживания известной сетевой компании CARREFOUR.

Главной особенностью объекта является размещение на кровле здания фотогальванической системы. Ее площадь составляет 54 000 м<sup>2</sup>, она состоит из 2560 солнечных батарей, подсоединенных к подстанции. Данное оборудование использует солнечную энергию и способно вырабатывать 1 650 000 киловатт в год. Устройство дополнено солнечным водонагревателем, вентилятором рециркуляции/стратификации для отопления и замораживания и т.д.

«ФМ ЛОЖИСТИК» предоставляет свою кровлю через долгосрочный договор аренды. Вырабатываемая энергия используется для собственных нужд компании и реализуется посредником на сторону.

Проект реализован компанией URBASOLAR, которая специализируется на установке готовых фотогальванических станций на промышленных и административных зданиях. В ноябре 2007 года URBASOLAR уже оборудовала фотогальванической кровлей один из гипермаркетов компании CARREFOUR, расположенный на западе города Ним. Проект в Лодене стал для нее одним из крупнейших.

От редакции журнала  
по материалам Physical Supply Chain

На фото: платформа ФМ ЛОЖИСТИК в Лодене,  
вид сверху