

ГОДИССЛЕДОВАНИЕ

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ

1991 г.: *Environmental Costs of Electricity* ("Экологические издержки производства электричества"), R.L. Ottinger et al., Oceana Publications, New York (1991).

1992 г.: *"The Social Costs of Fuel Cycles"* ("Социальные издержки от топливных циклов"), D.W. Pearce, C. Bann, and S. Georgiou, report for the UK Department of Trade and Industry, CSERGE, University College of London (1992); и *"Development of Externality Adders in the UK"* ("Развитие дополнительных внешних эффектов в СК"), D.W. Pearce, сообщение на практикуме, организованном Европейской комиссией, Международным энергетическим агентством и Организацией экономического сотрудничества и развития (30—31 января 1995 г.).

1993 г.: *"External Costs of Electricity Generation"* ("Внешние издержки производства электричества"), R. Friedrich and A. Voss, Energy Policy (February 1993).

1994 г.: *"An Analysis of Electricity Generation Health Risks: A United Kingdom Perspective"* ("Анализ рисков для здоровья, связанных с производством электричества: положение в Соединенном Королевстве"), D.J. Ball, L.E.J. Roberts, and A.C.D. Simpson, Centre for Environmental and Risk Management, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich, UK (1994).

1994 г.: *External Costs and Benefits of Fuel Cycles* ("Внешние издержки и выгоды от топливных циклов"), Russell Lee, editor, Oak Ridge National Laboratory and Resources for the Future, Oak Ridge, Tennessee, USA (1994).

1995 г.: *The New York City Electricity Externality Study* ("Исследование внешних эффектов производства электричества в городе Нью-Йорке"), R.D. Rowe, C.M. Lang, L.G. Chestnut, D. Latimer, D. Rae, S.M. Bernow, and D. White, Oceana Publications, New York (1995).

1995 г.: *ExternE: Externalities of Energy* ("ExternE: внешние эффекты энергии"), European Commission, Directorate General XII, Luxembourg (1995).

1996 г.: *Environmental Impacts and Costs: The Nuclear and Fossil Fuel Cycles* ("Экологические воздействия и издержки: топливные циклы ядерного и ископаемого топлива"), A. Rabl, P.S. Curtiss, J.V. Spadaro, B. Hernandez, and A. Pons, European Commission, Luxembourg (1996).

1996 г.: *Counting the Social Costs: Electricity and Externalities in South Africa* ("Учет социальных затрат: электричество и внешние эффекты в Южной Африке"), C. van Horen, Elan Press and UCT Press, University of Cape Town (1996).

1999 г.: *ExternE: Externalities of Energy* ("ExternE: внешние эффекты энергии"), European Commission, Directorate General XII, Science, Research & Development, Luxembourg (1999). Три тома по национальной практике осуществления, обновлению методологии и эффектам глобального потепления.

Охват: Соединенные Штаты. Оценка ядерной энергии, энергии угля, нефти, газа, гидроэнергии, солнечной энергии, энергии ветра и энергии из отходов. Анализ воздействий: на здоровье, сельскохозяйственные культуры, леса, рыболовство, материалы, прозрачность атмосферы. Глобальное потепление оценивается расходами на меры ослабления, а не стоимостью ущерба.

Охват: Соединенное Королевство и Европейский союз. Оценка тринадцати топливных цепей/технологий. Анализ воздействий: на здоровье, сельскохозяйственные культуры, леса, биологическое разнообразие, материалы, прозрачность атмосферы.

Охват: Германия. Оценка ядерной, угольной, ветровой энергии и фотоэлектричества. Анализ воздействий: на леса, сельское хозяйство, фауну, материалы, здоровье.

Охват: Соединенное Королевство. Оценка ядерной, угольной, нефтяной, газовой, ветровой, приливной энергии. Главное внимание обращено на риски для здоровья человека. Трансграничное загрязнение воздуха и глобальное потепление не учитываются. Оценка в денежном выражении не используется.

Охват: Две площадки на юго-востоке и юго-западе США. Оценка ядерной, угольной, нефтяной, газовой, гидроэнергии и сжигания биомассы. Локальные и региональные воздействия.

Охват: Две площадки в штате Нью-Йорк, США. Оценка ядерной, угольной, нефтяной, газовой энергии, сжигания биомассы и энергии ветра. Локальные и региональные воздействия.

Охват: Европейский союз, многочисленные площадки (Соединенное Королевство, Германия, Франция, Норвегия). Оценка ядерной энергии, энергии угля, лигнита, нефти, газа, ветра и гидроэнергии. Локальные, региональные и глобальные воздействия. Обзор литературы по глобальному потеплению.

Охват: Применение методики ExternE 1995 г. к Франции. Оценка ядерной, угольной, нефтяной, газовой энергии. Первое систематическое исследование зависимости от местоположения источника энергии.

Охват: Применение методик ExternE/Rowe et al. к Южной Африке. Оценка ядерной и угольной энергии.

Охват: Четырнадцать стран Европейского союза и Норвегия. Охват многих технологий. Оценка локальных, региональных и глобальных воздействий. Новый анализ глобального потепления. Смартность применительно к хроническому воздействию первичных и вторичных частиц. Оценка смертности методом учета числа потерянных лет жизни (YOLL).

СВОДКА ДАННЫХ ПО ВОЗДЕЙСТВИЯМ И ОЦЕНКЕ УЩЕРБА ОТ УГОЛЬНОЙ ТОПЛИВНОЙ ЦЕПИ

Исследование	Воздействия (смертей на ТВт-ч)		Оценка ущерба (в милли-евро на кВт-ч)			
	Профессиональная смертность	Здраво-охранение	Проф. заболевания	Окружающая среда	Глобальное потепление	Итог исследования
Ottinger et al., 1991						22—55
Pearce et al., 1992		0,05		0,005	0,04	0,14
Pearce et al., 1995						0,11
Friedrich & Voss, 1993		0,01—0,07		0,013—0,015		0,02—0,09
Ball, 1994	0,04—0,14					
ORNL/RFF, 1994		0,01—0,64	0,08	0—0,1	без оценки	0,7—1,4
Rowe et al., 1996		3—5		0,1	без оценки	3—5
ExternE, 1995	0,13—0,23	4—13	1—2	0,2—0,8	10—18	16—34
					(при нулевом коэффициенте дисконтирования)	
Rabl et al, 1996		5—14	без оценки	0,02	15	20—29
ExternE, 1999		10—50		0,5—2	10—50	20—100

Примечания: Значения округлены. При рассмотрении итоговых цифр обращайтесь к другим колонкам, чтобы знать, что в них включено.

ORNL/RFF — Окриджская национальная лаборатория/Ресурсы для будущего

СВОДКА ДАННЫХ ПО ВОЗДЕЙСТВИЯМ И ОЦЕНКЕ УЩЕРБА ОТ ЯДЕРНОЙ ТОПЛИВНОЙ ЦЕПИ

Исследование	Воздействия (смертей на ТВт-ч)		Оценка ущерба (в милли-евро на кВт-ч)					
	Смертность населения	Профессиональная смертность	Здраво-охранение	Проф. заболевания	Защита окружающей среды	Глобальное потепление	Тяжелая авария	Итог исследования
Ottinger et al., 1991			4,9				18,5	23
Pearce et al., 1992			0,003—0,009			0,0012	0,002—0,006	0,007—0,017
Pearce et al., 1995						0,0012	0,0060—0,044	0,006—0,044
Friedrich & Voss, 1993			0,001—0,005		0—0,002		0,0005—0,004	0,002—0,01
Ball, 1994	0,01—1,23	0,02—0,09						
ORNL/RFF, 1994			0,012	0,08—0,09				0,09—0,1
Rowe et al., 1996								0,09
ExternE, 1995	0,65	0,04	2,4	0,15				2,6
Dreicer et al., 1995	0,62	0,02	2,4	0,14			0,0005—0,023	2,5

Примечания: Значения округлены. При рассмотрении итоговых цифр обращайтесь к другим колонкам, чтобы знать, что в них включено.

ORNL/RFF — Окриджская национальная лаборатория/Ресурсы для будущего

значительным, исходя из общепринятых предположений специалистов по радиологической защите.

Другие проблемы связаны с предположениями относительно перемен в международном политическом климате и соблюдении правительствами глобально признанных стандартов и норм. С учетом уроков последних десяти лет, даже не беря в расчет все случившееся за прошедшие несколько тысячелетий, ясно, что политические факторы не должны игнорироваться.

Если при анализе исходить из соблюдения правительствами

всех правил безопасности и исключить рассмотрение аварий с катастрофическими последствиями, то воздействие ядерной энергетики невелико (денежное выражение “издержек” от этих воздействий составляет несколько процентов от рыночной цены электричества — намного ниже, чем для ископаемого топлива).

Дополнительные соображения включают социальные затраты в связи с другими проблемами, вызывающими озабоченность общества, например распространением расщепляющихся материалов; они не включались в большинство сравнительных

оценок рисков, хотя в последнем докладе ExternE они рассматривались.

Возобновляемые источники энергии. Существует большое разнообразие технологий получения энергии из возобновляемых источников, однако их оценка затруднена, поскольку некоторые виды их воздействий отличаются крайней специфичностью в зависимости от локальных условий. Они оказывают незначительное воздействие на этапе производства энергии, за исключением биомассы (когда сырье сжигается на месте) и ряда гидроэлектростанций в оп-

ределенных местах (где изменения в расходе воды могут серьезно повлиять на окружающую среду).

Однако в целом воздействие возобновляемых источников может быть значительным на этапе производства оборудования и строительства установки. Причина в том, что количество материалов, используемых на единицу фактического производства энергии, больше, чем у других энергетических систем. Некоторые технологии возобновляемой энергии могут оказывать заметное воздействие на комфортность условий среды (например, в виде шума). Опыт сооружения некоторых гидроэлектростанций в Индии показал важность учета землепользования, а также общественных и культурных факторов, особенно там, где требовалось перемещение больших масс населения.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Методы сравнения. Ключевое значение в сравнительных оценках рисков имеют методы выведения общего знаменателя для сопоставления результатов. Они имеют прямое отношение к методике оценки и важны для интерпретации полученных данных. Во всех случаях применяемые методы окажут большое влияние на то, как можно использовать информацию при принятии решений.

После оценки выбросов и/или воздействий от различных энергетических топливных цепей во многих исследованиях определяется их количественное выражение и переводится в категорию денежных значений, часто называемых "внешними издержками". Этот метод оценки продолжает вызывать споры, особенно в отношении человеческой жизни или других воздействий, которые не определяются рыночными факторами в равной мере в разных странах.

Были разработаны методы учета "социальных затрат" такого типа, однако они не получили всеобщего признания у аналитиков.

В определенных ситуациях может использоваться другой метод, основанный на интерпретации результатов на базе "превышаемости" экологических норм, т. е., иными словами, на степени их превышения. Во многих исследованиях риски сравниваются этим путем, и такой подход особенно применим там, где необходимо учесть воздействие на биоразнообразие и экологию, в отношении которых денежная оценка была бы крайне субъективной.

При применении этого подхода очень важно понимать исходную базу и целесообразность используемых норм. Отобранные нормы должны иметь прямое отношение к проводимой конкретной сравнительной оценке рисков, поскольку они, как правило, не поддаются переносу в другие исследования и усложнят интерпретацию результатов. В качестве основополагающих положений для интерпретации результатов могут использоваться международные соглашения, такие как Монреальский протокол и договоренность, достигнутая в Киото в 1997 г.

Еще один метод сравнения заключается в ранжировании рисков путем использования таких приемов, как многокритериальный анализ и скрининг рисков. Это дает определенные преимущества по сравнению с экономической оценкой, поскольку позволяет, по крайней мере в теории, применить взвешивание ко всем известным видам воздействия, не прибегая к дополнительной экспериментальной оценке. Взвешенные значения, приданные каждому виду воздействия, могут повлиять на результаты оценки, и полезным средством для интерпретации результатов в этих условиях может служить анализ чувствительности.

В настоящее время метод денежной оценки имеет важное преимущество благодаря тому, что используемая при этом метрика знакома практически всем в мире. Поэтому полученные результаты более доступны для понимания, чем те, которые выведены из взвешенных значений

на основе многокритериального анализа.

Пространственный и временной масштабы. Интерпретация результатов сравнительной оценки рисков, далее, зависит от периода времени, в рамках которого происходят воздействия и осуществляются их оценки. Важность использования аналогичных временных масштабов при оценке разных воздействий еще более возрастает при применении денежной оценки и дисконтирования (учета снижения воздействия с течением времени). При интерпретации результатов необходимо объяснить выбор коэффициентов дисконтирования, поскольку выбранный коэффициент может послужить для минимизации долгосрочных рисков, что не для всех приемлемо.

В равной мере использование периодов времени свыше 25 лет вызовет проблему справедливого учета затрат, относящихся к разным поколениям установок, что может оказать значительное влияние на интерпретацию и последующее использование результатов. При выборе коэффициентов дисконтирования для затрат, относящихся к разным поколениям, обычно не принималась во внимание критически важная переменная: эволюция будущих технологий и затрат.

Например, если будет найдено простое и безвредное средство лечения раковых заболеваний, масштабы воздействия и, следовательно, издержки, связанные с ядерным топливным циклом, могут стать пренебрежимо малыми. Равным образом, соответствующие меры против глобального потепления могли бы снизить воздействие и издержки цепей ископаемого топлива. В свете этих факторов взвешивание долгосрочных воздействий обычно требует выбора вариантов развития событий.

Помимо глобального распространения долгоживущих газов (парниковые газы, углерод-14, йод-129) большинство воздействий носит в основном локальный характер и зависит от места источника.

Воздействие газовых поллютантов атмосферы NO_x и SO_2

может легко варьироваться на порядок величины в зависимости от места и высоты дымовой трубы.

Например, высокая труба рассеивает поллютанты далеко от площадки, поэтому местоположение электростанций становится намного менее важным при оценке долгосрочного воздействия аэрозольных частиц. Зависимость от местоположения особенно сильна в случае загрязнения воды, твердых отходов и шахтных разработок (включая оценки аварий).

Неопределенности.

Неопределенность данных (погрешности), используемых для сравнительных оценок рисков и интерпретации результатов, — проблема, заслуживающая особого внимания.

Следует учитывать четыре вида возможных погрешностей:

- научно-технические (в моделях, параметрах ввода, данных, определении чувствительности к мощности дозы);
- политико-этические варианты выбора (отношение к ценности человеческой жизни в разных странах, коэффициент дисконтирования для установок разного поколения);
- сценарии для будущего (образ жизни, численность и размещение населения, прогресс техники и медицины);
- игнорирование некоторых видов воздействий.

Выбор научно-технических методов и сценариев, а также оценка конкретных воздействий зависят от мнения экспертов. Поскольку такие суждения по своей природе субъективны, об этом следует четко заявить, чтобы лица, принимающие решения, учитывали это при интерпретации результатов.

В таком контексте важно отметить, что восприятие рисков населением является существенным фактором при разработке энергетической политики и принятия соответствующих

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТОПЛИВНЫХ ЦЕПЕЙ: ВОЗМОЖНЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ

■ **Применение:** Выбор и соотношение технологий при стратегическом планировании энергообеспечения (например, сопоставление угля, ядерной энергии и возобновляемых источников). **Требуемая информация:** воздействия и издержки топливного цикла (агрегирование на всех этапах рассматриваемых технологий).

■ **Применение:** Выбор новой энергетической установки. **Требуемая информация:** воздействия и издержки установки (агрегирование эмиссий от каждого вида рассматриваемых технологий).

■ **Применение:** Оптимальная координация существующих станций. **Требуемая информация:** воздействия и издержки по каждой станции в электросети (агрегирование по всем этапам).

■ **Применение:** Оптимизация регулирующих положений (пределы эмиссий, требования по защите окружающей среды, например предельные нормы загрязнения воздуха, платные разрешения, налоги на загрязнения и т. д.). **Требуемая информация:** воздействия и издержки по каждому поллютанту и источнику загрязнения (без агрегирования).

■ **Применение:** "Зеленая" бухгалтерия (коррекция ВВП с учетом экологического ущерба). **Требуемая информация:** издержки (агрегирование всех источников эмиссий в стране).

решений. Особенно это относится к озабоченности общества в отношении экологических рисков, когда общественное восприятие не всегда может совпадать с заключениями специалистов.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты сравнительных оценок рисков могут использоваться в широком диапазоне потенциальных применений. Важно, как они применяются (см. *вставку*).

Перенос результатов одного сценария в другой или из одной страны в другую может быть проблематичным. Например, в настоящее время результаты оценки тяжелой аварии в странах Восточной Европы, возможно, неприменимы к аварии в других местах из-за различия экономических условий.

Другие примеры дополнительно подчеркивают трудность попыток применить результаты одной оценки к другой. Некоторые из них касаются оценки

экологических затрат, основанных на исследованиях, где изучается "готовность" конкретного общества "нести" такие затраты. Различия в национальном экологическом законодательстве, регламентирующих нормах и других факторах должны в полной мере учитываться.

Как и во всех оценках рисков, окончательное представление результатов непосредственно влияет на эффективность использования информации.

В сравнительных оценках рисков в химической промышленности риски часто представляются в виде ранжированных перечней или матриц. В докладе по проекту Европейской комиссии ExternE представлены результаты по всем звеньям топливной цепи и по всем этапам путей воздействия, на которых возможна оценка

его эффектов (характер воздействия, само воздействие, стоимость). Это сделано с целью представить результаты с максимальной прозрачностью.

Особенно важна форма представления результатов для принятия решений.

При сообщении результатов сравнительной оценки рисков необходимо четко представить ряд факторов:

- точное указание характера оцениваемой энергетической системы;
- воздействия, которые получили количественное выражение;
- что исключено из анализа;
- источники данных, используемых в оценке;
- сделанные допущения; и
- ключевые чувствительные факторы анализа, по мнению аналитиков и других экспертов.

Если все факторы учтены, результаты сравнительной оценки рисков послужат существенным элементом процесса принятия наилучших решений относительно выбора энергетической системы и политики в области энергетики. □