

СРАВНЕНИЕ РИСКОВ, СВЯЗАННЫХ С РАЗЛИЧНЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ: МЕТОДОЛОГИЯ И ПРОБЛЕМЫ ВЫБОР ПУТИ

ЁСИО МАЦУКИ И РАССЕЛ ЛИ

Сравнительная оценка рисков, связанных с энергетическими системами, базируется на двух основных концепциях. Во-первых, это описание показателей воздействия различных источников риска, прежде всего на здоровье и окружающую среду, в количественном либо качественном выражении; во-вторых, сравнение этого воздействия с определенными критериями для составления докладов, которыми могут эффективно пользоваться те, кто принимает решения в области энергетики.

В данной статье дается краткий обзор основных факторов в процессе сравнительной оценки рисков, связанных с энергетическими системами для производства электричества. Особое внимание уделено крупным проблемам, которые должны быть рассмотрены и учтены в процессе принятия решений.

Исследовательские подходы и целевые пользователи. Во многих экологических экспертизах используются качественные подходы, в рамках которых пытаются подробно описать возможное воздействие. Количественные подходы по контрасту могли бы обеспечить более прозрачные сравнения, однако не все параметры поддаются количественной оценке. В результате воздействия описываются так, как это возможно.

Разработка количественных подходов активизировалась за последние несколько лет. Они должны обеспечить большую прозрачность и облегчить проведение сравнительных оценок энергетических систем. В этой связи они более полезны для

оценки воздействия на здоровье и окружающую среду.

Следует иметь в виду, что целевыми пользователями сравнительных оценок являются эксперты, которые будут докладывать результаты руководителям, принимающим решения. Один из видов процесса принятия решений заключается в выработке энергетической политики. Ответственные за нее руководители сравнивают воздействие альтернативных вариантов при определении политики страны и/или компании в области регулирования энергоснабжения и спроса. В этом случае выработка политики могла бы предусматривать такие варианты, как добавление новых мощностей по производству электричества в существующую национальную электросеть, систематическое использование ресурсов компании электроснабжения или внесение изменений в энергетическую политику на государственном уровне. Ответственными за принятие решений по энергетической политике могут быть официальные лица в правительстве и/или компаниях электроснабжения.

Другой вид процесса принятия решений состоит в разработке норм и/или критериев регулируемыми органами. Для них полезны количественные оценки воздействия альтернативных вариантов правил при установлении норм/критериев для допустимых выходов загрязняющих веществ, которые могут оказать влияние на здоровье и окружающую среду.

Методология. Во многих сравнительных оценках рисков

используется методология, включающая несколько этапов. Во-первых, прослеживается последовательность событий, начиная с различных действий в энергетической топливной цепи; во-вторых, оцениваются эмиссии и изменения средовых концентраций поллютантов; и, наконец, оценивается нарастание воздействия этих концентраций.

Во многих исследованиях оцениваются также издержки, связанные с этими воздействиями. Данный подход называется "Путь воздействия" или "Функция нанесения ущерба". Благодаря поэтапному анализу каждой из упомянутых выше серий оценок такая методика обеспечивает прозрачность процесса оценки.

При определении пути воздействия аналитики должны различать разные термины — "эмиссии", "концентрации", "воздействие", "ущерб" — и долю "внешних издержек" (см. таблицу на стр. 11).

Эмиссии — это побочные эффекты работы электростанции или какого-либо другого источника в топливной цепи. В широком смысле они включают любые остаточные эффекты, такие как шум (например, от ветроэнергетических установок), наличие электростанции там, где ее не было прежде, или изменения в эрозии почв (в ре-

Г-н Мацуки — сотрудник Отдела безопасности ядерных установок МАГАТЭ; г-н Ли — директор Аналитического центра по энергии и окружающей среде, Окриджская национальная лаборатория, США.

РАЗЛИЧИЕ ТЕРМИНОВ

Следующие примеры иллюстрируют различия между выбросами, концентрациями, воздействиями, ущербом и внешними эффектами.

Эмиссия или выброс	Изменение в концентрации	Воздействие	Ущерб	Внешний эффект
CO ₂	Увеличение концентрации CO ₂ в атмосфере.	Оценки воздействия неточны, но, как считается, включают изменения в береговых экосистемах и зонах застройки; изменения в сельхозпроизводстве; и возможный голод из-за учащения наводнений и засух.	Экономическое значение воздействия.	В большинстве стран никакой ущерб не интернализуется; таким образом, весь ущерб относится к "внешним эффектам".
SO ₂	Например, образование, рассеивание и изменение в концентрации сульфатов.	Возрастание риска заболеваемости и смертности от заболеваний дыхательных путей из-за вдыхания сульфатов.	Экономическое значение ожидаемого роста заболеваемости и смертности, в том числе ухудшение или утрата качества жизни, — не только медицинские расходы и потеря зарплат или падение производительности.	В районах, где этот ущерб не интернализуется, внешний эффект равен ущербу. В США при наличии торговых разрешениями на эмиссию SO ₂ некоторая доля ущерба интернализуется.
Радионуклиды в случае аварии на АЭС	Изменения в концентрациях этих радионуклидов могли бы распространиться на тысячи километров.	Возрастание риска заболеваемости и смертности от некоторых раковых заболеваний.	Экономическое значение ожидаемого роста раковых заболеваний.	Часть ущерба может быть интернализована, например в Соединенных Штатах через закон Прайса—Андерсона (страхование).
Шум от ветроэнергетических установок	Изменение уровней шума в местах рядом с ветроэлектростанциями.	Нежелательное воздействие на слух.	Отдельные лица выражают готовность платить с целью избежать шума, например через систему цен на недвижимость вблизи источника шума.	Весь этот экономический ущерб относится к внешним эффектам, поскольку не существует рыночного механизма его интернализации.
Уменьшение мощности водопада из-за постройки плотины	Уменьшение мощности водопада из-за плотины (равнозначно "побочному эффекту").	Ухудшение визуальной эстетики водопада.	Экономическое значение ухудшения эстетики, определяемое, например, в ходе возможного изучения в целях оценки готовности отдельных лиц платить.	Поскольку ущерб не интернализован, он целиком относится к внешним эффектам.

зультате перемен в землепользовании). Эмиссии многих поллютантов претерпевают химические изменения или рассеиваются от источника эмиссии в близлежащие или отдаленные места.

В результате такого рассеивания меняются концентрации поллютантов по сравнению с их уровнями при отсутствии производства электроэнергии. Население, экосистемы и инфраструктура (например, здания и дороги), которые начинают испытывать влияние этих изменений в поллютантах, могут оказаться в большей опасности подвергнуться определенному вредному воздействию.

Эти воздействия во многих случаях могут выражаться в экономических терминах. Один из

таких терминов — "ущерб", другой — "внешний эффект". Ущерб — это полная экономическая стоимость вреда, связанного с физическим воздействием.

В некоторых случаях ущерб от воздействия не находит отражения на рынке электроэнергии или топлива. В этом случае он считается внешними издержками или "внешними эффектами". Поэтому часть ущерба составляет данный внешний эффект. Размер этой части зависит от того, в какой степени рынок, страхование и условия регулирования определенно принимают ответственность за ущерб.

Например, при применении подхода "Путь воздействия" ущерб от эмиссии SO₂ включает экономическое значение ожидаемого роста заболеваемости и

смертности. Там, где продаются разрешения на эмиссию SO₂, определенная доля ущерба интернализуется, так что неинтернализованная доля относится к внешнему эффекту. Однако там, где нет механизма интернализации ущерба, внешний эффект равен ущербу.

Часто используются также другие виды методических подходов. Например, анализ срока службы, издержки за срок службы и анализ экологического риска являются другими распространенными подходами, которые также обеспечивают прозрачность в процессе оценки. В этих подходах внимание сосредоточено на других аспектах, которые выделяются для анализа.

Возможно также применение упрощенных методов, полезных

для общих “отборочных” анализов, где деталям придается меньше значения, а также в тех ситуациях, где данные или ресурсы очень ограничены.

Показатели. В сравнениях могут использоваться различные показатели воздействия на здоровье и окружающую среду. Как правило, может быть несколько путей и конечных точек воздействия любых эмиссий. Эти конечные точки служат показателями воздействия. В связи с этим выбор показателей может зависеть от избранной методики. При выборе многих показателей процесс сравнения усложняется. Поэтому предпочтителен подход с выбором приоритетных воздействий, на которых сосредоточивается внимание при сравнениях.

Основными показателями воздействия являются оценки самих конкретных эффектов, таких как рост смертности, повреждений деревьев или увеличение числа респираторных заболеваний. Другие показатели часто служат информативными заменителями этих эффектов, особенно когда их трудно оценить непосредственно. Величина эмиссий загрязнителей (и других негативных факторов) используется в качестве одного из видов косвенных показателей (например, тоннаж эмиссии двуокиси серы). Однако следует признать, что, как было установлено, косвенные показатели являются адекватными заменителями только в конкретных случаях и не пригодны для обобщения.

Среди аналитиков энергетики ведется дискуссия относительно агрегированных показателей воздействия на здоровье. Хотя и не достигнуто общего согласия, какой из них применять, “число потерянных лет жизни” становится общеупотребительным показателем воздействия на уровень смертности, а “число потерянных рабочих человеко-дней” — показателем воздействия на заболеваемость.

Некоторые аналитики выступают за использование большего числа агрегированных показате-

лей, таких как интегрированный показатель состояния здоровья; другие возражают против такого подхода, мотивируя это возможной утерей детализированной информации в процессе обобщения.

Обсуждается также обоснованность использования показателя, выведенного на основе денежной оценки. Согласно одной точке зрения, только те вещи имеют экономическое значение, которые можно продать или купить. Другие считают, что денежная оценка аналогична использованию весовых коэффициентов (например, при сопоставлении вариантов). Независимо от этих споров, денежная оценка применима, когда процесс принятия решения, для которого проводится исследование, требует этого (например, при интернализации издержек) и когда показатели воздействия могут быть выражены в обоснованных денежных значениях.

Одна из проблем денежной оценки состоит в том, что не для всего можно определить стоимость. Примером может служить вопрос о нанесении ущерба биологическому разнообразию путем нарушения места обитания редкой птицы. Другой пример — использование денежных выражений для оценки ущерба в различных странах с разной экономической ситуацией и социальными ценностями.

Проблемы. Когда аналитики предпринимают сравнительную оценку рисков, они должны учитывать и классифицировать ряд проблем (см. вставку на стр. 13). В их число входят установление временных и пространственных границ оценки, оценка будущих воздействий, включение в сравнение фактора глобального потепления, отношение к неопределенностям и этические проблемы.

Границы должны быть установлены в соответствии с целями оценки. Существует несколько мнений по этому вопросу. Например, во многих случаях в

рамки оценки не включаются те звенья топливной цепи, которые находятся за пределами границ страны, проводящей оценку. Однако, когда эмиссии из зарубежной страны могут вызвать глобальные последствия (например, CO_2), они обычно должны учитываться. Эмиссии в пределах национальных границ, ведущие к последствиям в других странах, также должны, как правило, учитываться. Трудности таких оценок связаны с определением масштабов рассеивания загрязнителей, уровней воздействия вредных веществ, фоновых значений и соотношений дозы и эффекта воздействия в других странах, а также денежного выражения воздействия в различных странах в случае денежной оценки.

Важно провести сравнения долгосрочных последствий для здоровья как от нерадиоактивных, так и радиоактивных эмиссий топливных цепей из ископаемого и ядерного топлива. Однако строго научные оценки долгосрочного воздействия на здоровье токсичных эмиссий и отходов из цепей ископаемого топлива еще не проводились.

Другой проблемой для обсуждения является учет снижения уровней воздействия на здоровье в будущем. Коэффициенты учета снижения обычно используются для того, чтобы скорректировать будущие показатели ущерба и выгоды относительно их современных значений и затем выразить их на “нивелированном” основании. Некоторые аналитики пользуются этими коэффициентами в диапазоне от 0 до 10%, чтобы показать чувствительность результатов к выбранному коэффициенту.

Ведется много дискуссий о путях рассмотрения проблем глобального потепления в сравнительной оценке рисков. На основе современного состояния знаний могут быть оправданы оценки эмиссий парниковых газов в различных топливных цепях. Значительно более про-

РЕЗЮМЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Элементы	Предложения возможных подходов к исследованию
Целевые пользователи	Целевыми пользователями являются эксперты, которые докладывают руководителям, принимающим решения.
Процессы принятия решений	Включают выработку энергетической политики или установление норм и/или критериев.
Варианты выработки политики	Добавление новых мощностей по производству электричества в существующую национальную сеть; систематическое использование ресурсов компаний электро-снабжения; или изменение энергетической политики.
Установление границ	Установление границ рассеивания в окружающей среде; воздействия вредных веществ; фонового уровня; соотношений дозы и эффекта в других странах; и значений воздействий в различных странах.
Агрегированные показатели воздействия на здоровье	Общего согласия не достигнуто. Возможные агрегированные показатели: "число потерянных лет жизни" для воздействия на уровень смертности и "число потерянных рабочих человеко-дней" для воздействия на уровень заболеваемости. Не достигнуто согласие по показателям воздействия на окружающую среду, хотя многие из них используются.
Денежная оценка	Общего согласия не достигнуто. По одной точке зрения, денежная оценка должна использоваться только при наличии финансовых издержек, по другой — она может использоваться там, где возможно сопоставление вариантов выбора.
Этические вопросы денежной оценки	Не для всего можно найти денежное выражение (например, проблемы биологического разнообразия), и трудно использовать денежные выражения для оценки воздействия в различных странах.
Долгосрочные последствия для здоровья	Долгосрочные воздействия на здоровье токсических эмиссий и отходов от топливных цепочек ископаемого топлива требуют оценки. Используется коэффициент учета снижения воздействия от 0 до 10%.
Глобальное потепление	Предпочтительна рекомендация международных органов, таких как Межправительственная группа по климатическим изменениям (МГКИ).
Методы отражения неопределенностей	Субъективная оценка аналитиков (с низкой, средней и высокой точностью); метод Монте-Карло для выведения функций интегральной вероятности в оценках; и схемы, позволяющие аналитикам дать систематическое описание неопределенности данных.

13

блематичной выглядит задача выведения количественных оценок воздействия на здоровье и окружающую среду, ожидаемого в результате глобального потепления от этих эмиссий. Согласие, достигнутое в рамках международных органов, особенно в Межправительственной группе по климатическим изменениям (МГКИ), обеспечивает в достаточной мере обоснованные оценки воздействий изменения климата.

Многие аналитики охарактеризовали методы анализа и представления неопределенностей в исследованиях. Однако по-прежнему нет ясности относительно того, адекватно ли решается эта проблема.

Этические проблемы также важны и разнообразны. Особенно они имеют значение при оценке денежного выражения воздействия на окружающую среду по сравнению с воздействием на здоровье.

Можно утверждать, что с этической точки зрения легче придать денежное выражение воздействию на окружающую среду, чем на здоровье. Однако многие экологи могли бы возразить, что в равной степени проблематично определить стоимость экосистем. Таким образом, при оценке стоимости различных видов воздействий трудно удовлетворительным образом найти решение этических проблем из-за разнообразия контекстов и

широты диапазона возможных воздействий.

Короче говоря, аналитикам приходится преодолевать целый ряд трудностей при проведении сравнительных оценок рисков, связанных с системами производства электричества.

Для помощи им в работе МАГАТЭ в рамках своей межучрежденческой деятельности в этой области подготовило технический доклад *"Воздействие систем производства электричества на здоровье и окружающую среду: процедуры для сравнительной оценки"*.

В докладе МАГАТЭ более подробно описываются подходы и проблемы, затронутые в настоящей статье.

