

Оценивать ядерную энергию

Ядерная энергетика – это технология, существующая уже сегодня; она гарантирует весьма низкие выбросы парниковых газов и может быть существенно расширена, что приведет к сокращению выбросов парниковых газов в будущем.

Для ядерной энергетики характерны весьма низкие выбросы парниковых газов и, согласно данным анализа Межправительственной группы по климатическим изменениям (МГКИ), она имеет наибольший потенциал в плане смягчения последствий при самой низкой средней стоимости в секторе энергоснабжения.

Именно по этим достоинствам следует оценивать ядерную энергетику в ходе дискуссий об изменении климата.

И все же ядерная энергетика в настоящее время исключена из Механизма чистого развития и Совместного осуществления. Такое исключение не основывается на проблемах климата.

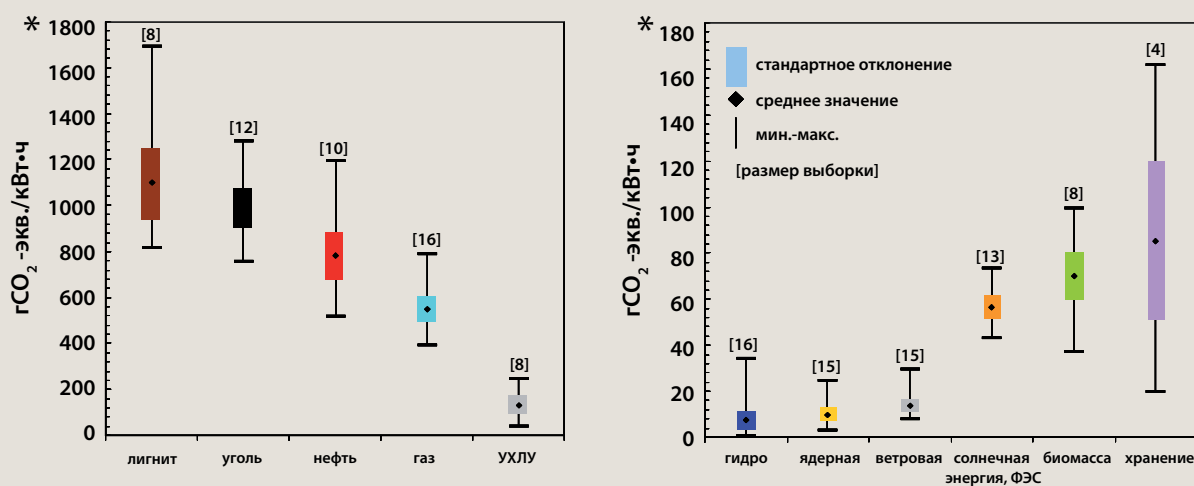
Механизм чистого развития (МЧР) и Совместное осуществление – это два “гибких механизма”, включенных в Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата, с тем чтобы помочь странам выполнить указанные для них в договоре плановые цифры ограничения или снижения выбросов парниковых газов. Посредством МЧР, страна, для которой в договоре указана плановая цифра (т.е. большинство развитых стран) может частично выполнить эту плановую цифру, делая инвестиции в проект, приводящий к снижению или ликвида-

ции выбросов парниковых газов в стране, не имеющей указанной договором плановой цифры (т.е. большинство развивающихся стран). Совместное осуществление (СО) предусматривает такой же механизм, но применяемый между странами, которые обе имеют указанные в договоре плановые цифры. Ядерно-энергетические проекты недвусмысленно исключены из рассмотрения в рамках МЧР и СО.

Подразумеваемые озабоченности в отношении ядерной энергетики заключаются в том, что она может быть небезопасной, неэкономичной, или связанной с производством оружия. Но переговоры по вопросу изменения климата не являются подходящим форумом для рассмотрения любого из этих аспектов озабоченности.

Что касается безопасности, то Конвенция о ядерной безопасности предусматривает эффективный международный механизм рассмотрения. В отношении оценки затрат, именно инвесторы лучше всего способны прогнозировать то, что будет экономически привлекательно в настоящее время и в будущем. А что касается распространения, то сейчас существует бессрочно продленный Договор о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО), и все большее число государств присоединяется к Дополнительному протоколу, дополнительно укрепляющему соглашения о гарантиях в соответствии с этим Договором.

Рис. 1: Выбросы ПГ на протяжении жизненного цикла некоторых технологий производства электроэнергии



Примечание: [WEISSER, D., A guide to life-cycle greenhouse gas (GHG) emissions from electric supply technologies, Energy 32 (2007) 1543–1559]. Слева: технологии на основе органических видов топлива. Справа: технологии на основе других источников энергии.

ТИКУ по ее достоинствам

Ханс-Холгер Рогнер, Ференц Л. Тот и Элан Макдоналд

Комиссия по устойчивому развитию ООН пришла к выводу, что, хотя страны не пришли к согласию по вопросу о роли ядерной энергетики в устойчивом развитии, "решение об использовании атомной энергии остается за самими странами". Соглашения об изменении климата не должны исключать возможности такого выбора.

Наилучший шанс для устойчивого развития – для того, чтобы удовлетворять потребности настоящего времени без ущерба для возможности будущих поколений удовлетворять свои потребности – заключается в предоставлении этим будущим поколениям возможности принимать свои собственные решения относительно вариантов энергоснабжения и в обеспечении равных условий конкуренции этих вариантов.

Весьма низкие выбросы парниковых газов

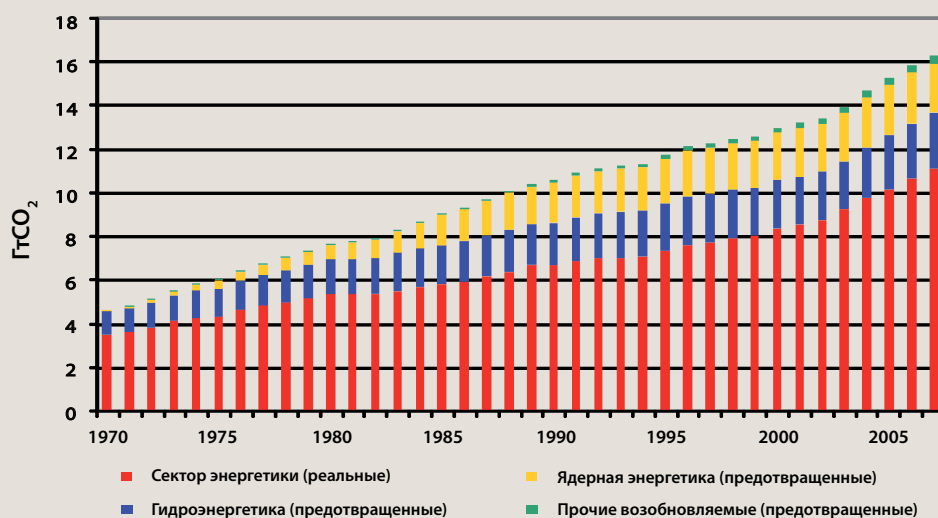
На рис. 1 представлены сравнительные данные о выбросах парниковых газов (ПГ) на протяжении полного жизненного цикла ядерной энергетики – добычи урана; изготовления топлива; строительства, эксплуатации и снятия с эксплуатации электростанции; и обращения с отходами – и выбросах на протяжении

жизненного цикла в случае других технологий производства электроэнергии. Следует иметь в виду, что диаграмма, расположенная справа, для технологий, не использующих органические виды топлива, имеет меньший масштаб по вертикали. Она охватывает диапазон только от нуля до 180 граммов эквивалента диоксида углерода на киловатт-час ($\text{гCO}_2\text{-экв/кВт}\cdot\text{ч}$). Шкала для органических видов топлива в левой части простирается от нуля до 1800 $\text{гCO}_2\text{-экв/кВт}\cdot\text{ч}$.

Гидроэнергетика, ядерная энергетика и ветровая энергетика имеют самые низкие выбросы ПГ на протяжении жизненного цикла, которые более чем порядок величины ниже выбросов электростанций на органическом топливе и на две трети ниже оценочных данных для солнечных фотоэлементов и биомассы. Для ядерной энергетики среднее значение составляет приблизительно 10 граммов эквивалента диоксида углерода на киловатт-час ($\text{гCO}_2\text{-экв/кВт}\cdot\text{ч}$), причем эта цифра получена на основе 15 оценок в пределах от 2,8 до 24 $\text{гCO}_2\text{-экв/кВт}\cdot\text{ч}$. Однако многие возобновляемые источники энергии в силу их прерывистого характера не могут обеспечивать надежные поставки электроэнергии в режиме базисной нагрузки.

Таким образом, хотя ветровая и солнечная энергетика и могут дополнять генерацию в режиме базисной нагрузки, они не способны полностью заместить гидроэлектрическую и ядерную энергетiku.

Рис. 2: Глобальные выбросы CO_2 для электроэнергетического сектора и предотвращенные выбросы при использовании трех низкоуглеродных технологий генерации электроэнергии



Источник: расчеты МАГАТЭ на основе документа Международного энергетического агентства ОЭСР, "Мировая энергетическая статистика и балансы: энергетические балансы стран, не являющихся участниками ОЭСР", ОЭСР, Париж (2008) (World Energy Statistics and Balances: Energy Balances of Non-OECD Member Countries, OECD, Paris (2008)).

Большая часть выбросов ПГ является результатом деятельности в части топливного цикла, расположенной “вверх по течению” от электростанции, включая добычу, переработку, обогащение урана и изготовление топлива.

Разброс оценок ядерной энергетики является следствием главным образом различных предположений относительно технологий, используемых для обогащения урана, в частности, газовой диффузионной или центрифужной технологии, и того, какой источник электроэнергии используется для энергоснабжения завода по обогащению. При центрифужной технологии необходимо всего лишь 2% объема электроэнергии, потребляемой газодиффузионными заводами, и если предполагается, что электроэнергия для обогащения поступает от электростанций, работающих на угле, то оцененные выбросы ПГ оказываются высокими; если исходить из допущения, что электроэнергию для обогащения поставляют ядерная энергетика, гидроэнергетика и ветровая энергетика, то оцененные выбросы оказываются низкими.

Поскольку продолжается процесс замены снимаемых с эксплуатации газодиффузионных заводов центрифужными заводами и поскольку энергоснабжение заводов по обогащению во все большей степени обеспечивается за счет низкоуглеродной электроэнергии, выбросы

ПГ в течение жизненного цикла ядерной энергетики будут иметь тенденцию приближаться нижнему краю диапазона, указанного на рис. 1.

Выбросы ПГ, уже предотвращенные благодаря ядерной энергетике

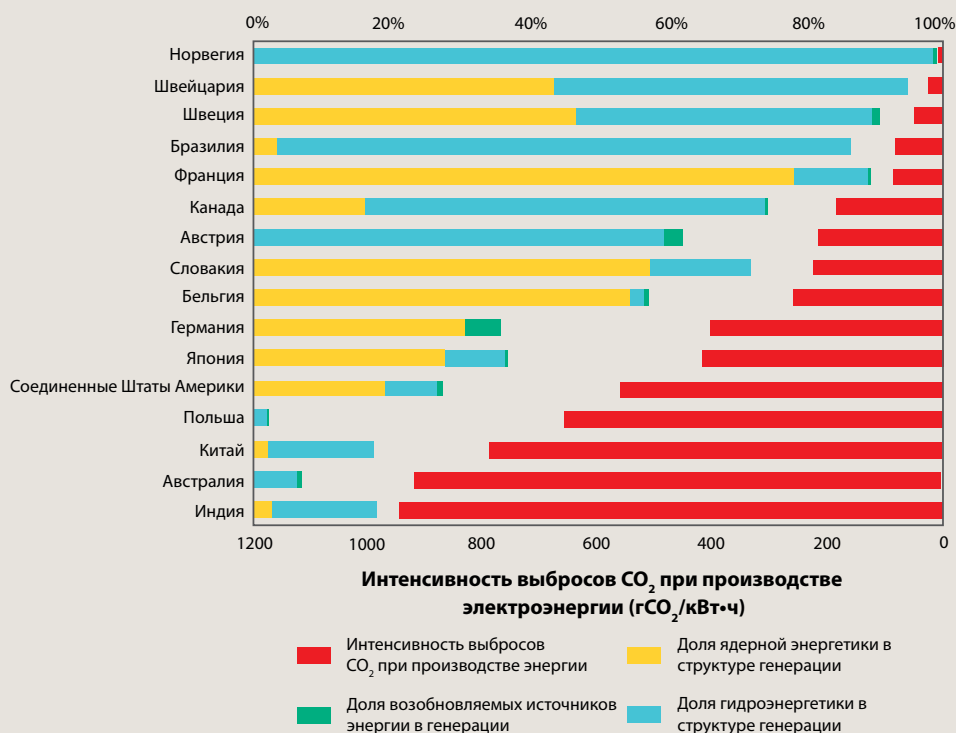
Ядерная энергетика в течение более чем 50 лет является частью мировой системы электроэнергоснабжения. Сегодня во всем мире находится в эксплуатации 437 энергетических реакторов, и с середины 1980-х годов доля ядерной энергетики в глобальном производстве электроэнергии составляет от 14 до 16%. Таким образом, ядерная энергетика уже предотвратила значительные выбросы ПГ, приблизительно в таком же объеме, как выбросы, предотвращенные благодаря гидроэнергетике.

Красные полосы на рис. 2 показывают историческую тенденцию выбросов CO₂ во всем мире в результате производства электроэнергии. Например, в 2007 году глобальные выбросы CO₂ в результате производства электроэнергии составили приблизительно 11 гигатонн (Гт). Но в отсутствие возобновляемых источников энергии, электроэнергии, производимой на гидроэлектростанциях и ядерной энергетике, они, по оценкам, составили бы 16,4 Гт.

Такие оценки предотвращенных выбросов весьма сильно зависят от того, каким образом, как предполагается, была бы произведена замещающая электроэнергия в отсутствие возобновляемых источников энергии, гидроэнергии и ядерной энергетике. Для оценок на рис. 2 предполагалось, что электроэнергия, произведенная этими тремя источниками, была бы произведена путем увеличения генерации с использованием угля, нефти и природного газа пропорционально их соответствующим долям в структуре электроснабжения. При таком подходе, вероятно, получается заниженная оценка выбросов, предотвращенных благодаря ядерной энергетике в 1970-х годах и в начале 1980-х годов. Многие из новых АЭС, построенных после нефтяных кризисов 1970-х годов, предназначались для того, чтобы уменьшить зависимость от нефти и газа, и в их отсутствие, вероятнее всего, были бы построены только станции, работающие на угле, а не совокупность станций, включающая пропорциональные доли станций на угле, нефти и газе.

На рис. 3 показана корреляция на национальном уровне между низкими интенсивностями выбросов CO₂ и высокими долями гидроэнергетики или ядерной энергетике. Диаграмма показывает, что в тех странах, в которых интенсивности выбросов CO₂ находятся на уровне ниже 20% от среднего мирового уровня, т.е. менее 100 гCO₂/кВт·ч, 80% всей электроэнергии или более производится с использованием гидроэнергетики (например, в Норвегии и Бразилии), ядер-

Рис. 3: Доли источников энергии, помимо органического топлива, в секторе производства электроэнергии и интенсивности выбросов CO₂ в некоторых странах в 2006 году



Источник: расчеты МАГАТЭ на основе документа Международного энергетического агентства ОЭСР “Выбросы CO₂ в результате сгорания топлива”, том 2008 выпуск 01 (CO₂ Emissions from Fuel Combustion, Vol. 2008 release 01).

ной энергетики (например, во Франции) или сочетания этих двух видов энергетики (например, в Швейцарии и Швеции).

На другом конце шкалы, в структурах энергоснабжения стран с высокими интенсивностями выбросов CO₂, порядка 800 гCO₂/кВт·ч или более, ядерная или гидроэнергетика либо вовсе отсутствует (например, в Австралии), либо присутствует лишь в ограниченных масштабах (например, в Китае и Индии).

Большой потенциал предотвращения выбросов ПГ на будущее

В Четвертом докладе МГКИ об оценке дается оценка будущего потенциала смягчения последствий выбросов ПГ для различных вариантов производства электроэнергии, в частности, при переходе на использование органических видов топлив, ядерной энергетики, гидроэнергетики, ветровой энергетики, биоэнергии, геотермальной энергии, солнечных фотоэлектрических систем, систем концентрации солнечной энергии, а также угля и газа с улавливанием и хранением CO₂. Анализ МГКИ начинается со справочного сценария в Мировом энергетическом обзоре 2004 года, опубликованном ОЭСР/Международным энергетическим агентством. Затем в нем дается оценка выбросов ПГ, которые могут быть предотвращены к 2030 году путем принятия различных технологий производства электроэнергии в пропорциях, превышающих указанные в справочном сценарии.

При анализе делается предположение, что каждая технология будет осуществлена на самом высоком экономически и технически возможном уровне, с учетом таких практических ограничений, как оборачиваемость товарных запасов, производственная мощность, развитие кадровых ресурсов и общественное принятие. Оценки показывают, в какой степени может быть дополнительно развернута каждая низкоуглеродная технология при различных уровнях затрат (относительно справочного сценария).

Затраты представляют собой разницу между стоимостью низкоуглеродной технологии и стоимостью той, которая ее замещает. Оценки показаны на рис. 4 для технологий с потенциальными возможностями смягчения последствий, превышающими 0,5 ГтCO₂-экв. Ширина каждого прямоугольника на рис. 4 отражает потенциал смягчения последствий этой технологии для диапазона стоимости углерода, показанного на вертикальной оси. Ширину каждого прямоугольника показывает число, расположенное непосредственно выше или ниже него. Таким образом, ядерная энергетика (желтые прямоугольники) имеет потенциал смягчения последствий 0,94 ГтCO₂-экв при отрицательной стоимости углерода плюс еще 0,94 ГтCO₂-экв при стоимости углерода до 20 долл./тCO₂. (Варианты отрицательной стоимости в докладе МГКИ – это те варианты, выгоды которых, такие, как сниженные затраты на производство энергии и сокращенные выбросы локальных и региональных загрязняющих веществ, равны их стоимости для общества или превышают ее, исключая выгоды от предотвращения изменения климата). Таким образом, общее количество для ядерной энергетики составляет 1,88 ГтCO₂-экв.

Эта цифра показывает, что ядерная энергетика обладает наибольшим потенциалом смягчения последствий при наиболее низких средних затратах в секторе энергоснабжения. Гидроэнергетика обеспечивает второй самый дешевый потенциал смягчения последствий, но его величина является наименьшей среди рассматриваемых здесь пяти вариантов.

Потенциал смягчения последствий, предлагаемый ветровой энергией, распределен в пределах трех диапазонов затрат, и все же более чем треть его может быть использована при отрицательных затратах. Биоэнергия также имеет значительный суммарный потенциал смягчения последствий, но менее чем половина этого потенциала может быть доступна при затратах ниже 20 долл./тCO₂-экв к 2030 году.

Закключение

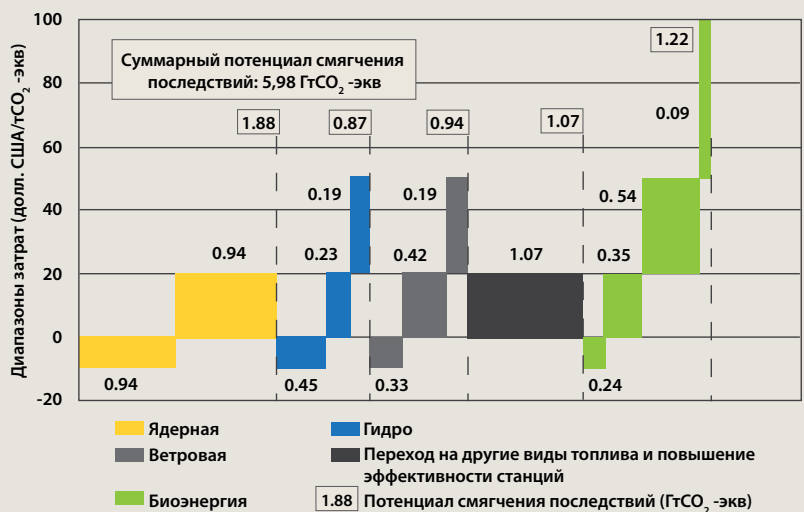
В ситуации, когда 60 стран рассматривают возможность включения ядерной энергетики в структуру энергетики, ее роль на мировой сцене будет расти. Важно, чтобы в пост-Киотских соглашениях ядерная энергетика оценивалась по ее достоинствам в отношении изменения климата и чтобы ядерно-энергетические проекты были включены в Механизм чистого развития и Совместное осуществление.

Ханс-Холгер Рогнер – руководитель Секции планирования и экономических исследований МАГАТЭ. Эл. почта: h.h.rogner@iaea.org

Ференц Тот – старший экономист-энергетик в Секции планирования и экономических исследований МАГАТЭ. Эл. почта: f.l.toth@iaea.org

Элан Макдоналд – руководитель Группы по координации программ Департамента ядерной энергии МАГАТЭ. Эл. почта: a.mcdonald@iaea.org

Рис. 4: Потенциал смягчения последствий в 2030 году для некоторых технологий производства электроэнергии в различных диапазонах затрат



Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R., Meyer, L.A., Eds), Cambridge University Press, Cambridge (2007) (Вклад Рабочей группы III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы по климатическим изменениям).