

Парниковые газы и ядерный топливный цикл: сколько выбрасывается в атмосферу?

Исследования показывают, что по сравнению с другими источниками электричества выбросы двуокиси углерода или метана в окружающую среду при использовании ядерной энергии незначительны

Мартин Тейлор

В конце 80-х гг., когда возросли опасения, связанные с парниковым эффектом, эта тема стала играть все более важную роль при обсуждении в обществе относительных достоинств различных источников электричества. Выгоды ядерной энергетики представлялись при этом очевидными — в отличие от ископаемых видов топлива она не является источником парниковых газов (ПГ). Конечно, при этом учитывалось, что часть энергии, используемой установками ядерного топливного цикла, сама поступает от ископаемых видов топлива, но казалось самоочевидным, что это ведет к эмиссии лишь незначительных количеств ПГ. Однако некоторые противники промышленного применения ядерной энергии начали выдвигать аргумент о значительных выбросах двуокиси углерода (CO_2) на определенных стадиях ядерного топливного цикла, сравнимых даже с теми количествами ПГ, которые образуются в результате сжигания ископаемого топлива. Хотя эта гипотеза не выглядела заслуживающей доверия, другие анти-ядерные группы в нескольких странах стали ее поддерживать и распространять.

Таким образом, хотя несостоятельность довода об эмиссии значительных количеств CO_2 , косвенным образом связанной с применением ядерной энергии, казалась очевидной, Институт урана (ИУ) решил изучить эти утверждения и попытаться опровергнуть их более детально. Далее следует краткое изложение результатов проведенного ИУ исследования.

Ядерный топливный цикл и CO_2

Наиболее широко цитируемая работа, содержащая утверждение, что ядерная энергетика косвенным образом (через свой топливный цикл) ответственна за выброс значительных количеств CO_2 , была представлена группой “Друзья Земли” на общественном расследовании в Соединенном Королевстве в связи с предложением о строи-

тельстве реактора на воде под давлением в Хинкли Пойнт; работа была подготовлена д-ром Найджелом Мортимером. В ряде других источников содержались ссылки на эту работу в поддержку утверждений о том, что ядерная энергетика косвенно ответственна за эмиссию значительных количеств CO_2 . Этот аргумент основан на допущении, что если применение ядерной энергии будет значительно возрастать, то разведанные запасы урана будут быстро исчерпаны, что приведет к использованию низкосортных урановых руд и вызовет рост эмиссии CO_2 , поскольку извлечение урана из низкосортных руд потребует больше энергии, получаемой из ископаемого топлива. По утверждению Мортимера, такие выбросы CO_2 могли бы в течение нескольких десятилетий достичь уровня выбросов электростанции, работающей на угле.

В этой аргументации есть несколько слабых мест, и ее детальное опровержение было подготовлено Дональдсоном и Беттериджем из технологического отдела УАЭ Соединенного Королевства. В частности, Мортимер исходит из отсутствия перспектив обнаружения новых залежей дешевого урана, тогда как фактически возобновление строительства объектов ядерной энергетики и новый рост спроса на уран потребовали бы интенсификации разведки и выявления дополнительных источников. Кроме того, любое значительное расширение ядерной энергетики (постулируемое Мортимером) вызвало бы в течение нескольких десятилетий рост использования повторного цикла урана и коммерческое внедрение быстрых реакторов. В любом случае, даже если предположить, что рост производства ядерной энергии после 2000 г. будет незначительным, можно рассчитать, что уже выявленных на сегодня запасов урана относительно низкой стоимости (из руд достаточно высокого качества) хватило бы до 2020 г. и дальше.

В 1992 г. мировое производство ядерной электроэнергии составило около 323 ГВт (эл.), на что потребовалось около 55 тыс. т урана. Институт урана ожидает, что к 2000 г. ежегодное производство ядерной электроэнергии достигнет 360 ГВт (эл.) с потреблением около 64 тыс. т урана в год. Если принять рост ядерных мощностей, например, по 20 ГВт (эл.) в год с 2001 по 2010 г. и по 30 ГВт (эл.) с 2011 по 2020 г., то сумма мощностей будет равна 560 ГВт (эл.) к 2010 г. и 860 ГВт (эл.) — к

Г-н Тейлор работает в Институте урана (Uranium Institute, 12th Floor, Bowater House, 114 Knightsbridge, London, SW1X 7LJ). Данная статья подготовлена на основе доклада, содержащегося в техническом документе МАГАТЭ “Сравнение источников энергии в отношении факторов эмиссии парниковых газов их полной энергетической цепочкой” (IAEA-TECDOC 892), выпущенном в июле 1996 г. За справками можно обратиться к автору.

2020 г. При потреблении 160 т урана на один электрический гига watt в год общее количество требуемого урана составило бы около 670 тыс. т к 2010 г. и почти 2,5 млн. т — к 2020 г.

Для сравнения, по оценкам ИУ, мировые запасы урана низкой стоимости уже известных месторождений превышают 3 млн. т, из них свыше 2 млн. т приходится на "западный мир" и свыше 1 млн. т — на бывший Советский Союз, Центральную и Восточную Европу и Китай.

Таким образом, гипотеза о якобы значительном вкладе ядерной энергетики в выбросы CO₂ зиждется на сценарии, который представляется весьма маловероятным. Для его реализации потребовалось бы развертывание программы массового строительства новых ядерных мощностей, при котором быстро истощились бы известные запасы урана и которое продолжалось бы, даже если бы не были открыты значительные дополнительные залежи пригодного для коммерческого использования урана. Также не произошло бы, даже несколько десятилетий спустя, значительного увеличения в использовании вторичного цикла урана или быстрых реакторов.

Сравнение с другими источниками энергии

ИУ затем занялся рассмотрением тех немногих исследований, которые были проведены для оценки фактического уровня CO₂ от ядерного топливного цикла, и сравнением этого уровня с выбросами от использования ископаемых видов топлива. Есть все основания полагать, что два исследования (в Германии и в США), вероятно, дают правильное представление о масштабе этих эмиссий.

В подробном исследовании Вайса, Кинле и Хортмана из Германской ассоциации энергопредприятий (VDEW) дается оценка выбросов CO₂ от ядерного топливного цикла в бывшей Западной Германии. Они подсчитали, сколько энергии потребляется на каждой стадии топливного цикла, учли, какие источники энергии фактически при этом используются (уголь, ядерная, гидроэнергия и т. д.), и затем вычислили соответствующие эмиссии CO₂. Они отметили также резкое снижение уровня энергопотребления в топливном цикле в последние годы благодаря совершенствованию его эффективности. В заключение исследования делается вывод, что потребление энергии при подготовке топлива для германских реакторов составляет 0,7% производимой этим топливом электроэнергии в реакторе. Самая большая доля в использовании этих 0,7% энергии, намного превышающая все остальные, приходится на заводы по обогащению и лишь небольшая часть остается на процесс уранодобычи. Выбросы CO₂ от этого использования энергии с учетом фактических источников, которыми пользуются германские энергопредприятия, составили около 0,5% эмиссий угольной электростанции той же мощности (см. таблицу).

В исследовании отмечается также, что в будущем произойдет сокращение эмиссии CO₂ от ис-

Эмиссии двуокиси углерода на различных стадиях ядерного топливного цикла в германской ядерной программе				
Процесс ядерного топливного цикла	Энергопотребление по стадиям (кВт/ч на кг природного урана)	Энергопотребление в % производимой электроэнергии	Эмиссия CO ₂ по стадиям от потребляемой энергии (кг CO ₂ на кг природного урана)	Ежегодная эмиссия CO ₂ в расчете на топливо для типичного ЛВР мощностью 1300 МВт (эл.) (т)
Добыча и переработка руды	59	0,1	47	9 100
Конверсия	7	0,01	<7	<1 400
Обогащение	310	0,6	140	27 200
Изготовление топлива	7	0,01	3	600
Итого	383	0,7	197	38 300

Источник: "Kernenergie und CO₂: Energie-aufwand und CO₂-Emissionen bei der Brennstoffgewinnung", *Elektrizitätswirtschaft Jg 89* (1990).

пользования ядерной энергии (в Германии) благодаря расширению применения для обогащения метода газовой центрифуги вместо диффузии и открытию шахт с повышенной концентрацией урана (например, в Канаде). Вместе с тем указывается, что поскольку доля добычи и переработки руды в энергопотреблении всего ядерного топливного цикла составляет только около 15%, то, даже если произойдут серьезные изменения в этом компоненте, их влияние на общий итог будет незначительным.

Дальнейший анализ был проведен группой научных концепций для Совета по проблемам энергетики США (ныне Институт ядерной энергии). Они подсчитали выбросы CO₂ на ядерных установках США исходя из того, что единственным серьезным источником их является процесс обогащения, где используется энергия ископаемого топлива (другие стадии топливного цикла не рассматривались). Было принято, что для суммарной мощности ядерной энергетики США в 100 ГВт (эл.) требуется 12 млн. ед. обогащения в год, при этом для каждой единицы обогащения необходимо 2500 кВт/ч электроэнергии (при использовании метода газовой диффузии). Таким образом, суммарная ежегодная потребность в электроэнергии для обогащения составила около 30 млрд. кВт/ч. В районе, где производится обогащение урана, 65% электроэнергии получается из угля, 6 — от природного газа и 29% — от ядерной и гидроэнергии. Авторы исследования пришли к выводу, что выбросы от производства ядерной энергии составляют порядка 4% выбросов от эквивалентного производства энергии на угольной электростанции.

Основная причина расхождения в цифрах в германском и американском исследованиях заключается в том, что если обогащение в США практически полностью производится методом газовой диффузии, то в Германии этим методом обогащается только 17% урана. Меньшее энергопотребление центрифугами дает более низкие выбросы CO₂. Внедрение разрабатываемой в насто-

ящее время лазерной технологии обогащения приведет к дальнейшему снижению энергопотребления по сравнению с центрифугами.

Выбросы метана и добыча урановой руды

Институт урана занимался также рассмотрением возможных выбросов метана при добыче урана. Вновь — хотя казалось очевидным, что они незначительны по сравнению с такими выбросами от ископаемого топлива, — было решено рассмотреть имеющиеся данные.

Как правило, метан образуется от разложения органических веществ. Когда такое вещество не имеет выхода на поверхность Земли, то метан часто концентрируется в небольших подземных пустотах в горной породе. Разработка месторождений в таких районах дает выход метану, и если его не собирать, он проникает в атмосферу. Подземные залежи угля неизбежно содержат значительные количества метана. В некоторых случаях есть возможность его отбора из шахты для последующего сжигания в качестве топлива; однако в других шахтах вентиляционная система выбрасывает его в атмосферу. Метан также может быть выпущен в результате разработки других месторождений в горной породе с попутным органическим веществом. Поэтому потенциально в определенных районах некоторое количество метана может быть выпущено в результате добычи урановой руды. Однако такие выбросы крайне редки, и, соответственно, данное явление изучалось крайне мало. Информация, которая легла в основу этого доклада, получена из Австралии, Канады и Соединенных Штатов, где сосредоточено около 40% мирового производства урана.

Хотя подземные разработки в Австралии и Канаде регулярно проверяются на наличие взрывчатых газов (включая метан), случаев их обнаружения в урановых шахтах не отмечено. Подземные урановые разработки в этих странах расположены в очень старых скальных формациях, практически не содержащих органического материала. В Соединенных Штатах имеются данные по одной подземной урановой шахте, где был обнаружен метан. Эта шахта, закрытая в сентябре 1988 г., является по существу единственным примером подземной урановой шахты США, где в последнее время обнаружен метан. Шахта “Лизбон майн” в Ла-Саль, штат Юта, принадлежала “Рио Алгон корпорейшн”. Управление по безопасности и охране здоровья при горных работах (УБОЗ) Министерства труда США в 1973 г. после случая возгорания и последующего обнаружения метана она была классифицирована как “газоопасная”. В 1979 г. произошло еще несколько инцидентов, связанных с выбросом метана. После обследования условий труда на шахте в 1978 г. УБОЗ сообщило, что суммарный выброс метана составил 91 920 куб. футов (2600 куб. м) в день. Отчет сотрудников УБОЗ по выбросам метана содержит оценку объе-

ма эмиссии метана в расчете на тонну добытой руды. Для “Лизбон майн” эмиссия оценивается в объеме около 100 куб. футов (3 куб. м) на тонну.

В ИУ не смогли найти других отчетов по урановым шахтам в какой-либо стране с указанием наличия проблем с метаном. Не смогли мы обнаружить и других упоминаний о выбросах метана на урановых шахтах в опубликованных источниках. Это, конечно, не исключает возможности того, что имели место и другие случаи эмиссии метана, но, скорее всего, их было очень немного.

Необходимо упомянуть в этом контексте о скудости информации по добыче урана в бывшем Советском Союзе и ряде других стран. Поэтому маловероятно, чтобы ИУ мог быть осведомлен о каких-либо случаях эмиссии метана на урановых шахтах в этих странах.

Потенциальные эмиссии метана. Приведенные выше данные касаются только фактически существующих урановых шахт (как закрытых, так и действующих) и не затрагивают вопроса о потенциальных выбросах метана на еще не разработанных урановых месторождениях. Урановые залежи существуют в широком диапазоне различных геологических формаций, включая углеродосодержащие породы, но зачастую не в таких концентрациях, когда их разработка экономически выгодна. В прошлом предпринимались исследования возможности извлечения урана из низкосортных углей. Фактически в течение 1963—1967 гг. на нескольких небольших шахтах в районе Уиллстон-Бэйсин Северной и Южной Дакоты и Монтаны уран добывался из руды с попутным бурным углем, который мог содержать метан. Однако подобные месторождения составляют лишь незначительную часть общих урановых запасов и, во всяком случае, экономичность их разработки в обозримом будущем маловероятна.

В перспективе

Исследования эмиссии CO₂ от ядерного топливного цикла в различных условиях двух разных стран показывают, что они располагаются в диапазоне 0,5—4% выбросов, образующихся в результате работы эквивалентных по мощности угольных электростанций. Утверждения, что использование ядерной энергетики могло бы косвенным образом привести к значительным выбросам CO₂, базируются на весьма маловероятном сценарии. Что касается метана, то имеющиеся данные свидетельствуют о том, что в основном добыча урана осуществляется без попутного метана или при весьма малых его количествах. В отдельных случаях метан может сопутствовать добыче урана или ураносодержащим рудам. Но с учетом того, что добыча руды для всего мирового производства урана составляет менее 10 млн. т в год по сравнению с 4500 млн. т ежегодной добычи угля, представляется, что выбросы метана при добыче урана можно с полным основанием считать пренебрежимо малыми. □