

ГЛАВА 1

АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ:
БОЛЕЕ ЧИСТАЯ, ЧЕМ ВЫ ДУМАЕТЕ

Можем ли мы сжигать нефть или каменный уголь таким способом, при котором в атмосферу не поступал бы углекислый газ? Для уменьшения общего объема выбросов у нас нет иной возможности, кроме как использовать при производстве энергии альтернативные технологии, например атомную или солнечную энергетику, но прежде всего мы должны беречь саму энергию, расходуя ее более эффективно.

БРЮС ЛЕЛОНДИ,
бывший министр окружающей среды Франции⁸

Излучения естественны. Радиоактивность – повсюду в природе: в почве, в морской воде, в атмосфере, в нашей пище, в космосе. Многие имеют стереотипное представление об атомной энергии, связывая ее с работой промышленности, которая якобы производит огромные количества высокорadioактивных отходов, сбрасываемых в окружающую среду. Вид атомной электростанции с огромными бетонными башнями, над которыми поднимаются в небо белые облака (это устройства охлаждения, называемые градирнями), порождает чувство безумного страха перед

⁸ Б. Лелонди, “Plan National pour l’Environnement”, *Supplément à Environnement Actualité*, № 122, сентябрь 1990 г.

огромной силой, которая заключена в них: а что, если это все взорвется⁹?

Люди часто беспокоятся, что облака над башнями содержат ядовитые химикаты или даже радиоактивные вещества. Однако это совсем не так. Облако над градирней — не более чем скопление мельчайших капель воды, влажный воздух, и это облако точно такое же, как и все другие облака в небе. Задача градирен состоит в том, чтобы рассеять часть произведенного энергоблоком тепла, которая не может быть преобразована в электричество¹⁰. Подогретая вода от теплообменников не радиоактивна, она никогда не соприкасалась с ядерным топливом. Эта вода проходит через градирни и остывает при контакте с атмосферным воздухом. Часть воды испаряется, образуя теплый влажный воздушный поток, который медленно поднимается и выходит из верхней части сооружения. Этот поток охлаждается, попадая в среду более холодного наружного воздуха, водяной пар конденсируется, превращаясь в характерное большое белое облако. Оно подобно облаку пара над кипящим чайником. Такой способ рассеивания избыточного тепла в атмосферный воздух используется при недостатке охлаждающей воды реки или озера. В результате его использования не происходит перегрева воды в водоемах.

⁹ Мы все еще живем в обществе крайнего дуализма, вещи делятся в умах людей на «плохие» и «хорошие», окрашены исключительно в черный или белый цвет. Любопытно, что и в телевизионных выпусках новостей прослеживается устойчивая тенденция подчеркивать негативную сторону вещей. Мы бы выиграли, став чуть менее дуалистами и каждый раз тщательно взвешивая все «за» и «против» того, что делаем. Если рассматривать предметы под таким углом зрения, то хорошо спроектированные атомные электростанции имеют огромные преимущества и минимум недостатков.

¹⁰ Согласно законам термодинамики, невозможно полностью преобразовать тепловую энергию в электрическую. В тепловой энергетике всегда имеется остаток энергии, который не может быть использован для выработки электричества. Эта часть тепловой энергии в конечном итоге рассеивается в окружающей среде, незначительно нагревая акваторию водоема или атмосферу вокруг электростанции. Конечно, было бы желательно в будущем использовать и это тепло (комбинированная выработка тепловой и электрической энергии). Примером может быть атомная электростанция «Темелин» в республике Чехия, где избытки тепла направляются на обогрев жилых домов.

Для атомных электростанций, расположенных на берегу моря, доступны большие массы охлаждающей воды, и поэтому в градирнях нет нужды. Атмосфера вокруг градирен нагревается очень незначительно. В экологически чистом облаке, поднимающемся над градирнями, можно дышать без какой-либо опасности, что конечно невозможно в облаках дыма, выпускаемого трубами обычных станций, на которых сжигается каменный уголь или жидкое топливо. Во время экскурсий на атомные электростанции можно посетить внутренние части этих башен охлаждения. Градирни типичны не только для АЭС, их можно увидеть и на некоторых электростанциях, работающих на каменном угле или на жидком топливе. Они позволяют функционировать электростанциям любого типа, когда рядом нет крупного водоема для отвода остатков тепла.

Состав автомобильных выхлопов, дыма промышленных предприятий и обычных теплоэлектростанций, где сгорает мазут, каменный уголь или природный газ, совершенно другой. В этих выбросах содержится много ядовитых веществ, которые никак нельзя считать полезными для окружающей среды. Это углекислый газ, который вносит вклад в парниковый эффект и глобальное потепление, оксид углерода (токсичный и даже смертельный газ), диоксид серы (главная причина кислотных дождей) и окислы азота, которые раздражают легкие. Рассмотрим подробнее эффекты воздействия этих веществ.

Углекислый газ (CO₂) существует в природе. Сам по себе он не ядовит и играет важную роль в пищевом цикле – во взаимодействии растений и животных. Рост растений происходит за счет фотосинтеза, в процессе которого поглощается CO₂ и энергия солнечного света. При фотосинтезе вырабатываются необходимые растениям

углеводы и одновременно освобождается кислород. Животные питаются растениями, и в процессе обмена веществ углеводы связываются с кислородом. Его животные вдыхают с воздухом, а при выдохе избавляются от CO_2 . Однако избыток углекислого газа в воздухе может иметь и нежелательные последствия. Электростанция, сжигающая нефть или каменный уголь, производит большие количества CO_2 , потребляя при этом огромные количества атмосферного кислорода, поскольку основная реакция сгорания есть $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$, в которой углерод (С) используется из топлива, а кислород (O_2) забирается из атмосферы. В областях с высокоразвитой промышленностью атмосферный уровень CO_2 несколько увеличивается, в то время как уровень атмосферного кислорода может немного уменьшаться. Непрерывно работающая электростанция на жидком топливе мощностью 1000 МВт (эл.) потребляет в год 2,4 миллиарда кубических метров кислорода и выбрасывает в атмосферу 2,4 миллиарда кубических метров (2,4 кубических километра) углекислого газа.

Потребление кислорода и производство углекислого газа в промышленно развитых странах, связанное с отоплением, транспортом, электроэнергетикой и производством потребительских товаров, в сотни раз больше, чем естественное потребление кислорода и выделение углекислого газа при дыхании жителей и животных этих стран.

CO_2 , выпущенный в атмосферу нашим индустриальным обществом, рассматривается большинством специалистов как газ, вносящий главный вклад в парниковый эффект и потепление плане-

ты¹¹. Атмосферный уровень CO₂ сейчас выше, чем когда-либо за последние 400 000 лет, и он быстро растет.

Согласно прогнозам Межправительственной комиссии по изменению климата (IPCC), если в атмосфере уровень углекислого газа удваивается (а он начиная с XX столетия уже увеличился более чем на 30% и продолжает повышаться), следует ожидать увеличения средней температуры на поверхности планеты от 1,4 до 5,8°C. Такое потепление может явиться причиной распространения пустынь в экваториальных странах, увеличения частоты лесных пожаров, а также вызвать таяние части полярных льдов, что может привести во второй половине XXI столетия к повышению уровня мирового океана, затоплению некоторых прибрежных областей и морских портов. Может исчезнуть под водой большая часть Нидерландов, часть Камбоджи и низменные острова. Все электростанции на угле, нефти или газе вырабатывают в атмосферу огромные количества CO₂ и этим способствуют парниковому эффекту, в то время как атомные электростанции вообще не вырабатывают CO₂.

- **Производство 1 кВт-ч электричества за счет сжигания каменного угля, газа или нефти приводит к образованию около 1 кубического метра CO₂, который при попадании в атмосферу вызывает парниковый эффект.**

¹¹ Не все ученые согласны с этим. Однако положение дел с точки зрения существования человечества и жизни на Земле таково, что мы должны предотвратить возникновение любой необратимой ситуации. Когда имеются сомнения, необходимо принять предупредительные меры. Разумеется, в этом случае атомная энергетика должна была бы быстро заменить, где только это возможно, ископаемые и органические виды топлива.

- Производство 1 кВт-ч электричества атомным энергоблоком абсолютно не связано с выпуском CO_2 . После переработки и возврата в цикл облученного ядерного топлива остается только 0,1 миллиграмма отходов высокого уровня радиоактивности. Эти отходы не выбрасываются в окружающую среду, а тщательно обрабатываются, упаковываются, сохраняются и контролируются. Их радиоактивность со временем уменьшается, и эти отходы становятся безвредными.

Оксид углерода (CO) – это газ, который практически не существует в природе. CO в основном образуется из-за неполного сгорания топлива в процессе химических реакций типа $\text{C} + \text{O} = \text{CO}$. Оксид углерода присутствует в дыме работающих на угле электростанций или работающих на мазуте отопительных котлов, в выхлопных газах автомобилей, в дыме сигарет и т.д. Оксид углерода очень токсичен, поскольку его молекула занимает место атомов кислорода в крови, и человек может умереть от гипоксии (недостатка кислорода), если вдыхает слишком много CO. Оксид углерода невидим, не имеет запаха, и его невозможно обнаружить нашими органами чувств, но его содержание в воздухе можно измерить специальными приборами. Автомобили регулярно проверяются на «загрязнение» с определением уровня CO в выхлопных газах, который в среднем составляет 1,5% и не должен превышать 3%. Дым сигареты содержит в среднем 3,2% этого высокотоксичного газа.

Все типы предприятий, работающих за счет сжигания каменного угля, древесины, мазута или других нефтепродуктов, природного или сжиженного газа, такие как электростанции, метал-

лургические заводы, котельные установки, бытовые газовые печи и автомобили, выпускают в атмосферу различные и иногда весьма значительные количества оксида углерода – отравляющего газа, который в высоких дозах является смертельным. Количество CO, поступающего в атмосферу от промышленно развитых стран, измеряется сотнями миллионов тонн в год. Предприятия атомной энергетики вообще не производят и не выпускают в атмосферу оксид углерода.

Диоксид серы (SO₂) – это газ, который выбрасывается из дымовых труб вместе с CO₂. Уголь и жидкое топливо содержат во вполне заметных количествах сернистые загрязнения. При сгорании из них образуется диоксид серы ($S + O_2 = SO_2$). Диоксид серы в контакте с водой и кислородом воздуха превращается в H₂SO₄ (серную кислоту) которая становится причиной такого явления как кислотные дожди, угнетающие растительность. Окисленная дождевая вода, выпадая на почву в подветренных от медеплавильных производств районах (медная руда – это сульфид меди), может погубить значительную часть, если не всю растительность в этих местах.

Производство электричества атомными электростанциями вообще не связано с образованием и выбросом SO₂.

Оксиды азота, или NO_x, являются газами, ядовитыми для окружающей среды и живых организмов. У людей они вызывают респираторные заболевания. Эти химические вещества существуют и в природе, но в незначительных количествах. Все электростанции, котельные и другие установки, сжигающие ископаемое топливо и древесину, в осо-

бенности автомобили, выбрасывают в атмосферу окислы азота. Именно они становятся основной причиной смога, загрязнения городов и наносят вред здоровью населения.

Промышленно развитые страны выпускают в атмосферу до сотен миллионов тонн NO_x в год.

Атомные электростанции вообще не связаны с эмиссией NO_x .

В последние годы некоторые нефтеперерабатывающие и химические отрасли промышленности начали исследовать экологические последствия своей деятельности и приняли меры по ограничению выбросов, загрязняющих окружающую среду: они устанавливают фильтры для очистки дыма, оптимизируют технологические процессы для уменьшения вредных сбросов. Однако транспорт вообще и особенно оснащенный двигателями внутреннего сгорания¹² продолжает загрязнять окружающую среду, большей частью в городах и областях с высокоразвитой промышленностью. Рост численности населения в мире и индустриализация слаборазвитых стран (а это положительное и неизбежное явление) ускоряют процесс загрязнения на глобальном уровне. Растет выработка энергии за счет ископаемого топлива, больше становится автотранспорта, увеличивается потребление горючего и, соответственно, загрязнение окружающей среды. Миллионы тонн ядовитых отходов сбрасываются ежегодно в океаны, реки и атмосферу. Это порождает серьезные экологические пробле-

¹² Это же относится и к менее многочисленным воздушным транспортным средствам, работающим на керосине. Практически нет выбросов от электрических транспортных средств, которые, к счастью, начали развиваться. «Экологическим» чемпионом является электрический железнодорожный транспорт, как и троллейбусы, трамваи и другие электрические транспортные средства, которые почти не имеют выбросов (особенно если питающее их электричество выработано на атомной электростанции).

мы, так как слишком большое количество химических отходов может нарушить биологическое равновесие на нашей планете.

Атомная энергетика не выбрасывает никаких ядовитых химических веществ.

Одна атомная электростанция с двумя блоками по 1300 МВт, например такая, как АЭС *Nogent-sur-Seine*, расположенная к востоку от Парижа, покрывает почти все потребности этого города в электроэнергии.

Предположим, мы нуждаемся в электростанции мощностью 1000 МВт, вырабатывающей 6,6 миллиарда кВт-ч в год. У нас есть следующий выбор:

Электростанция на угле:

- сжигает 2,3 миллиона тонн каменного угля ежегодно (что эквивалентно поезду в 1 000 километров длиной)
- сбрасывает в атмосферу:
 - три миллиарда кубических метров CO₂ (усугубляет парниковый эффект)
 - 41 000 тонн SO₂ (образует кислотные дожди)
 - 9,6 миллиона кубических метров NO_x (вызывают респираторные раздражения)
 - 1 200 тонн пыли
 - 377 000 тонн летучей золы
- оставляет в отвалах 250 000 тонн нелетучей золы и шлака

Поскольку каменный уголь является естественно радиоактивным из-за наличия в нем небольших примесей урана, то около 700 000 000 Бк (0,01 Кюри) радиоактив-

ности будут извлечены из глубин и попадут на поверхность земли, а затем в атмосферу.

Электростанция на жидком топливе:

- сжигает 1,52 миллиона тонн нефти ежегодно (содержимое трех огромных супертанкеров водоизмещением по 500 000 тонн)
- сбрасывает в атмосферу:
 - 2,4 миллиарда кубических метров углекислого газа (парниковый эффект)
 - 91 000 тонн SO_2 (кислотные дожди)
 - 6 400 тонн NO_x (респираторные раздражения)
 - 1 650 тонны пыли

Не выбрасывает в атмосферу никакой золы.

Атомная электростанция:

- потребляет 27 тонн обогащенного до 3% урана (один или два грузовых автомобиля)
- не выбрасывает ни грамма CO_2 (нет парникового эффекта)
- не выбрасывает ни SO_2 (нет кислотных дождей), ни NO_x (нет респираторных раздражений)
- нет никакой пыли и золы

Она производит только:

- 14 кубических метров высокорadioактивных отходов (облученное топливо, 97% которого можно регенерировать и повторно использовать)
- около 500 кубических метров низко- и среднерadioактивных отходов (которые упакованы и не попадают в окружающую среду)

- выбрасывает в окружающую среду приблизительно 300 Кюри радиоактивности ежегодно, большая часть которой состоит из существующих в природе химических элементов: трития и изотопа углерода C^{14} .

Выбрасываемая радиоактивность очень невелика по сравнению с природной, определяемой эмиссией радона за то же время и в том же месте. Современные сбросы приводят к облучению людей ионизирующей радиацией в дозах, сопоставимых всего с несколькими процентами от годовых допустимых уровней, которые были установлены в очень низких пределах с учетом разумных запасов с точки зрения безопасности¹³. Уровни радиации от атомных реакторов ничтожны по сравнению с уровнями естественной радиации в некоторых местах нашей планеты (сама радиация в пределах природных значений безвредна).

Радиоактивность, которая выброшена в окружающую среду всеми действующими на сегодня в мире атомными электростанциями, составляет около 0,000... (всего 13 нулей)...001 от общего количества естественной радиоактивности, содержащейся в земной коре.

Данное, очень незначительное, количество радиоактивности от атомных станций пренебрежимо мало в сравнении с миллионами тонн ядовитых химических отходов и миллиардами

¹³ Источник: SFEN, 2003. Эти пороговые дозы следовало бы сравнить, например, с оценкой токсичности пестицидов, инсектицидов и других химических средств, используемых в сельском хозяйстве. Намного менее жесткие безопасные пределы для этих веществ проверяются очень редко, от случая к случаю (если вообще проверяются). На практике они зачастую игнорируются, поскольку фермеры, которым нужно произвести как можно больше продукции, применяют химикаты по собственному усмотрению. И это происходит при почти тотальном отсутствии каких-либо форм инспекции за выполнением регулирующих правил (изначально нестрогих), предполагающих защиту здоровья потребителей и окружающей среды.

кубических метров отравляющих газов, выбрасываемых работающими на мазуте, газе и угле электростанциями при производстве того же количества электроэнергии. Это ясно показывает, что ядерная энергия является намного более экологически дружелюбной, чем энергия от сжигания каменного угля, газа или нефти.

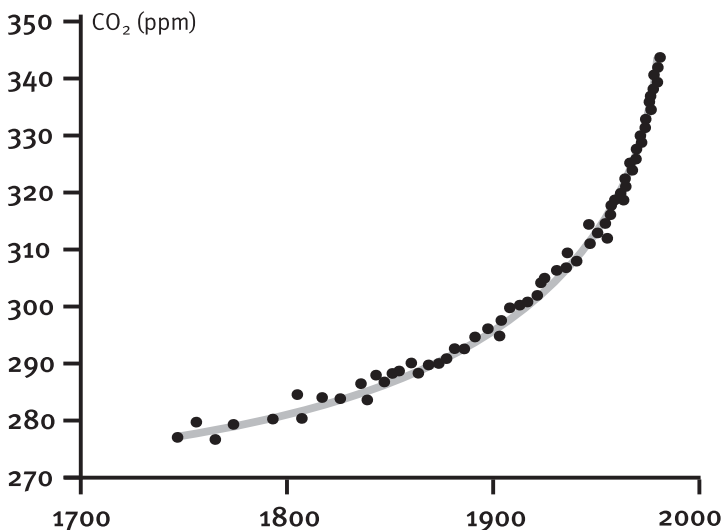
Нефть и газ – немного меньшие загрязнители, чем каменный уголь, но при сравнении тепловых электростанций с атомными это обстоятельство несущественно. Электростанция, сжигающая каменный уголь, потребляет в миллионы раз больше топлива (в единицах веса), чем атомный энергоблок, и производит приблизительно в миллионы раз больше отходов (тоже в единицах веса). Отходы этих электростанций принципиально отличаются друг от друга. В одном случае они связаны с высокими рисками и химические по составу – приблизительно пять миллионов тонн золы и выброшенных в атмосферу газов. В другом случае они радиоактивны (в реальности почти ноль, поскольку 14 кубических метров облученного топлива не выбрасывается в окружающую среду, а с соблюдением требований безопасности сохраняется и/или перерабатывается).

Есть другой интересный вопрос: а действительно ли мы нуждаемся в таком большом количестве энергии и электричества? Самый безопасный и наиболее эффективный способ уменьшить загрязнение природы – это сократить расход энергии. Мы вернемся к этому вопросу позднее.

ПОВЫШЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ CO₂ В АТМОСФЕРЕ

Устойчивое повышение содержания CO₂ в атмосфере, по крайней мере частично, ответственно за парниковый эффект, который, как предполагают многие специалисты, вызывает глобальное потепление. Атмосферный уровень CO₂ увеличился примерно на 30% с тех пор, как промышленно развитые страны в массовых количествах начали сжигать каменный уголь и другое органическое топливо. Даже бензин и не содержащие свинца органические «зеленые топлива» (такие как этанол, вырабатываемый из сахара или рапсового масла) производят в процессе горения CO₂.

Рост содержания CO₂ в атмосфере

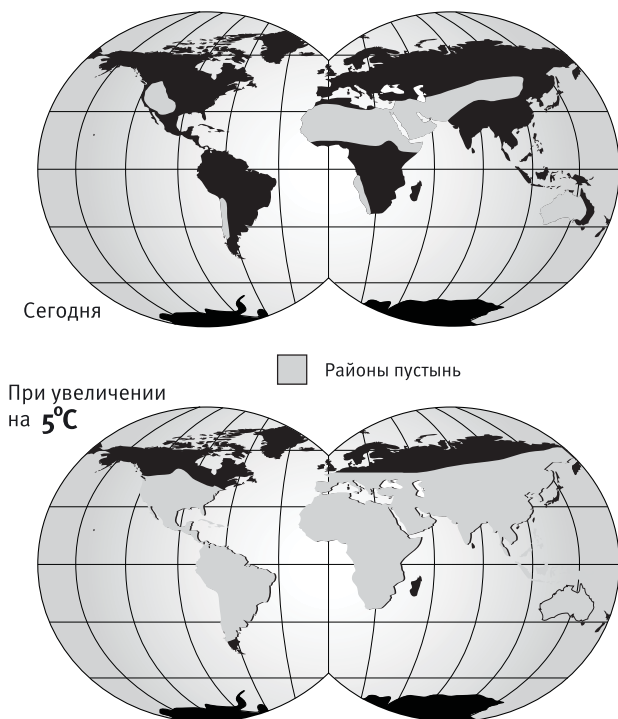


Если считать, что атмосферный уровень CO_2 когда-либо удвоится, средняя температура на поверхности планеты повысится на $2\text{--}5^\circ\text{C}$ или даже больше, что неминуемо приведет к значительным климатическим изменениям и повышению уровня моря. Большие площади суши (во всех странах и на всех континентах), которые сегодня культивируются, порастут тогда сорной растительностью или станут пустынями.

Увеличение площади пустынь

в случае повышения средней температуры на планете на 5°C .

(Большинство климатологов предсказывают повышение от 2 до 5°C)



Источник: «Месть Гайя», Джеймс Лавлок (с его разрешения).