**Атомная энергия и человек**

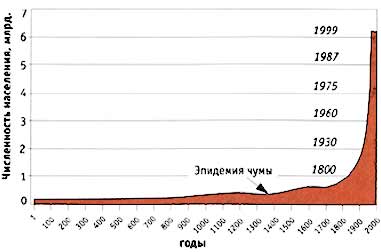
Л.И. Пономарев, член-корреспондент Российской академии наук (Российский научный центр «Курчатовский институт»)

Современную цивилизацию отличают от всех предшествующих эпох два основных качества: обилие потребляемой энергии и совершенная система коммуникаций. Именно они составляют основу всех достижений технологии и техники нашего времени. Их символами стали атомная энергия, спутник, компьютер и сотовый телефон. За последние сто лет в повседневную жизнь вошли электричество, автомобиль и самолет, радио и телефон, телевизор и еще многое другое, о чем мы вспоминаем лишь тогда, когда это вдруг исчезает из обихода. Как всякий сложный механизм, этот созданный человеком мир хрупок и недолговечен, если мы не найдем способа защитить и сохранить его.

Энергия в этой системе ценностей занимает особое место: без нее нынешняя цивилизация нежизнеспособна. На ее добычу во все времена — от первого костра до атомной электростанции — человек тратил примерно треть своих усилий. Понятие энергия — ς в древней Греции употребляли для обозначения некоего активного начала, но только наука объяснила ее особую сущность: в отличие от веществ, которые можно использовать многократно, энергию можно истратить лишь однажды. Сто лет назад один из основателей учения о радиоактивности Фредерик Содди писал: «Истинное богатство мира — его энергия. Именно признание энергии особой сущностью отличает нынешний век от веков минувших... Страх израсходовать запас пищи врожден нам; страх израсходовать запас топлива человек еще должен развить в себе...».

Запасы энергии на Земле ограничены и сосредоточены, в основном, в ядрах урана и тория, которые родились в «звездных тиглях» еще до образования Земли и Солнечной системы. Сегодня эту реальность понимают лишь несколько человек из миллиона, но для сохранения уровня и достижений современной цивилизации их усилий явно недостаточно: для этого должно измениться мироощущение всего человеческого сообщества.

В начале нашей эры на Земле обитало 200-300 миллионов человек, и тысячу лет спустя эта численность существенно не менялась. В середине второго тысячелетия население планеты стало быстро расти: во времена Колумба (~1500 г.) на Земле жило ~500 млн. человек, при Галилее (~1600 г.) их стало ~550 млн., при Ньютоне (~1700 г.) их было уже ~650 млн., а в начале XIX века Уатт и Фарадей были современниками ~1 млрд. человек. В последнее столетие число обитателей нашей планеты удваивалось каждые 40- 50 лет: при Планке, в начале XX века — 1.6 млрд., к концу XX века — 6 млрд. Нетрудно сосчитать, что при таком темпе размножения людей уже через две тысячи лет их масса превысит массу Земли.



Рост населения Земли с начала новой эры

Абсурдность такой экстраполяции очевидна, и действительно, программа, управляющая волной жизни человечества, уже начала меняться. В 1900 г. скорость прироста населения Земли составляла ~10 млн./год и в дальнейшем непрерывно росла, вплоть до 1989 года, когда она достигла максимума (87.9 млн./год). С тех пор, впервые за всю писаную историю, она устойчиво падает и в 2004 г. составила уже 72.5 млн./год. По оптимистическим прогнозам эта скорость к концу XXI века упадет до нуля, а численность людей на Земле стабилизируется на уровне ~10-12 млрд.

Мощь такой массы людей, владеющих огромной энергией, сравнима с геологическими факторами, от которых зависит будущее нашей планеты. Сегодня человек использует на свои нужды ~10% первичной продукции фотосинтеза и преобразовал под пашни и пастбища ~50% годных к обработке почв: вырубил леса, осушил болота и, тем самым, по крайней мере, вдвое снизил их вклад в цикл фотосинтеза. («Раньше природа угрожала человеку, теперь человек угрожает природе» — говорил Жак Ив Кусто).

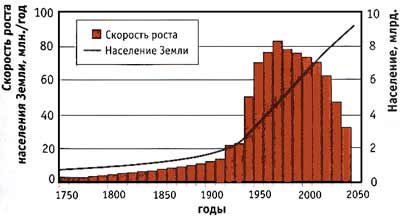
**Сколько энергии человеку надо?**

Среднесуточная норма энергии, которую человек потребляет с пищей, равна примерно 2-3 тыс. килокалорий = (0.8- 1.3) • 107 джоулей (энергия сгорания ~300 г. угля). Таким образом средняя мощность жизнедеятельности человека составляет всего ~120 Вт, т.е. примерно равна мощности горящей спички. На Земле живет сейчас 6.3 млрд. человек и суммарная мощность их жизнедеятельности равна ~0.8·1012Вт.

Со времени изобретения машин человек увеличил свою мощность многократно. В начале XX в. за счет ветра, пара, энергии рек и домашних животных эта мощность в развитых странах выросла до 0.5 кВт на человека, а к началу XXI в. мировое производство энергии составило 1.3 • 1013 Вт, т.е. в среднем ~2 кВт на человека, в двадцать раз больше, чем он потребляет с пищей.

История развития нашей цивилизации — это непрерывная борьба за увеличение мощности человека сверх той, которую он изначально имел с пищей. Примерно 500 тысяч лет назад человек приручил огонь, 40 тыс. лет назад — животных, в 5 тысячелетии до н.э. он запряг их в плуг, в начале нашей эры построил водяную мельницу, а в XI в. изобрел ветряную. В 1784 г. Джеймс Уатт создал паровой двигатель, который вместе с паровозом Стефенсона (1825 г.) на сто лет вперед определил лицо промышленной революции. (Единица мощности — ватт названа в его честь.) Еще через сто лет (1885 г.) появился автомобиль Даймлера и Бенца с бензиновым двигателем, который со временем полностью изменил мир. Открытия Фарадея и изобретение электрических машин завершили эпоху промышленной революции, и на рубеже XIX и XX веков мир перешел из века пара в век электричества. Первую электростанцию и распределительные сети к ней построил Эдисон в 1881 г. Через полвека, мощность электрических сетей мира составила 3 • 1010 Вт, в 1970 г. она выросла до 5.7 • 1011 Вт, а к концу XX в. достигла 2.1 • 1012 Вт. Сегодня на производство электричества расходуется примерно треть всего добываемого топлива, но есть еще транспорт, быт, металлургия и химия и т.д., которые увеличивают поток энергии до 1.3 • 1013 Вт. Откуда черпается эта энергия и как много ее еще надо?

На протяжении столетий дополнительным, помимо пищи, источником энергии человеку служила энергия ветра и рек, древесина и домашние животные, т.е., по существу, энергия термоядерных топок Солнца, запасенная в атмосфере, океане, растениях. В XVIII в. повсеместно стали использовать уголь — ту же энергию Солнца, но запасенную растениями сотни миллионов лет назад, задолго до появления человека. В конце XIX в. нефть повсеместно начала вытеснять уголь, особенно после появления автомобилей и самолетов. Наконец, в XX в.стали активно использовать природный газ, который так же быстро потеснил нефть,



Рост населения Земли с 1760 г. по 2050

К началу XXI в. в топках ежегодно сжигалось ~12 млрд. (1.2 • 1010) т условного топлива (1 тут = 7 • 109 кал = 2.94 • 1010 Дж), в основном, уголь (36%), нефть (38%) и газ (26%). При этом освобождается ~3.6 • 1020 Дж энергии, из которой ~1/3 (~1.2 • 1020 Дж) тратится на производство электричества. С учетом принятого коэффициента конверсии тепла в электричество ( = 0.375) за год все тепловые станции мира производят 0.44 • 1020 Дж электричества (~1.4 • 1012 Вт), что составляет ~65% всех электрических мощностей планеты. Остальные 35% восполняются примерно поровну гидростанциями и атомными станциями, а также (~0.5%) -— другими источниками (солнечная, ветровая, геотермальная и прочие). Полная тепловая мощность энергетики на начало XXI века составила 1.34 • 1013 Вт из которых в виде электричества потреблялось лишь 2.1 • 1012 Вт (~15%), а из них 0.36 • 1012 Вт (~17%) обеспечивала атомная энергетика: пока мало, но больше, чем мощность всей электроэнергетики мира в 1954 г., когда была запущена первая атомная электростанция.

Легко видеть, что все благополучие нынешней цивилизации покоится, в основном, на запасах угля, нефти и газа. Как надолго их хватит, зависит от наших теперешних и прогнозируемых потребностей. Со времени открытия Америки население нашей планеты выросло в 15 раз, и только за последнее столетие увеличилось в 4 раза. По прогнозам, к середине XXI в. производство энергии удвоится, а электричества — утроится. Кроме того, сегодняшнее распределение энергии крайне неравномерно: например, в Эфиопии приходится ~100 Вт на человека, в России ~6 кВт, а в США — 12 кВт; 1/4 населения земного шара потребляет 3/4 производимой энергии, из которой ~1/3 энергии потребляют жители США, которых только 4.6% от населения мира. А ~1/3 населения планеты до сих пор не имеет доступа к электричеству. Следствием этого будут либо войны (они уже начались), либо постепенное выравнивание уровней потребления, что еще более увеличит поток энергии. К середине XXI в. мощность производимой энергии (~3 • 1013 Вт) сравняется с энергией, излучаемой из недр Земли (3.2 • 1013 Вт), и составит ~0.03% от мощности потока солнечной энергии, которая поглощается в атмосфере Земли и достигает ее поверхности (~1017Вт).

Много это или мало для нарушения сложных самосогласованных процессов в биосфере Земли? Сегодня с уверенностью ответить на этот вопрос никто не может, хотя это еще не дает оснований для благодушия (даже самые мощные и разрушительные торнадо зарождаются от малых и незаметных вихрей). Проблема эта уже имеет название — «тепловое загрязнение биосферы» и находится в ряду многих, обусловленных резким ростом производства энергии. (В предстоящие полвека энергии будет произведено столько же, сколько за всю предшествующую историю человека).

При нынешнем темпе расходования природного органического топлива нефть и газ к концу XXI века будут, по-видимому, исчерпаны. Запасов угля хватит еще на 200-300 лет, но это не спасает ситуацию, поскольку при этом возникает другая проблема — загрязнение атмосферы продуктами сгорания угля, в основном сернистым и углекислым газами. Уже сегодня в атмосферу выбрасывается в виде CO2 6.5 млрд. т углерода в год, — по тонне на каждого обитателя планеты, а при «угольном» сценарии развития энергетики эти выбросы возрастут многократно. По утверждению экологов, следствием этого будет «парниковый эффект», т.е. повышение средней температуры атмосферы Земли, таяние полярных ледников и сопутствующие этому природные катастрофы глобального масштаба: подъем уровня мирового океана, затопление прибрежных городов, засухи, ураганы и наводнения, а также изменение климата целых регионов. Насколько верны эти предсказания пока неясно, но точно известно, что изменение климата — процесс инерционный и, раз начавшись, он неостановим на протяжении тысячелетий, как это случилось в эпоху последнего ледникового периода, который закончился всего 12 тысяч лет назад. Сомнительно, что наша изощренно сложная и хрупкая цивилизация выдержит такой грубый натиск природы. Перед лицом этого глобального вызова бледнеют все политические амбиции и национальные распри, но, к сожалению, понимают это и принимают всерьез все те же несколько человек на миллион. Или — меньше.

**Атомная энергия**

Атомная энергия отличается от других видов энергии, прежде всего, своей концентрацией: при делении 1 г ядер урана выделяется энергия ~8 • 1010 Дж — примерно в три миллиона раз больше, чем при сгорании 1 г угля (~3 • 104 Дж). А это — главное условие успешной реализации термодинамических процессов с выделением тепла и выполнением работы. Кроме того, запасы энергии в ядерном топливе (уран и торий) в миллионы раз превышают запасы энергии в органическом топливе. Наконец, ядерная энергетика не загрязняет биосферу Земли выбросами окислов азота, углекислого и сернистого газов. По совокупности этих причин атомной энергии нет альтернативы в обозримой исторической перспективе.

Конечно, заманчиво было бы использовать энергию солнечного излучения, мощность которого на поверхности Земли (~5 • 1023 Дж/год или ~1017 Вт) в три тысячи раз превышает прогнозируемые потребности будущего. Однако солнечная энергия слишком рассеяна (в среднем ~160 Вт/м2 на уровне Земли), чтобы ее можно было эффективно использовать. Именно по этой причине энергию солнечного излучения несомненно будут использовать (и уже используют) для локальных нужд, но основой всей энергетики будущего она вряд ли станет. Энергия ветра и рек (в сущности, та же энергия солнечного излучения) играла важную роль до эпохи пара и электричества, но теперь ее вклад в мировую энергетику невелик (~7%) и не может быть существенно повышен.

Сегодня энергию ядра используют, главным образом, для производства электричества, и ее вклад в электрические мощности мира составляет ~17%. Мировое производство электроэнергии в начале XXI в. выросло почти в сто раз по сравнению с началом индустриальной эры (1930 г.), и нынешняя доля его потребления (~15%) будет несомненно расти: электричество — универсальный и самый удобный для пользования вид энергии. К тому же его можно передавать на большие расстояния и довести до каждого дома. Ядерная энергия, в силу уникальной ее концентрации, идеально приспособлена для централизованного производства электроэнергии. Она может покрыть все потребности в электричестве и, кроме того, большую часть потребностей транспорта, отопления и промышленной химии. В этом случае резко снизятся выбросы СО2 в атмосферу Земли, а нефть и газ будут сохранены будущим поколениям как исходное сырье для многочисленных химических производств: пластмасс, лекарств, синтетических материалов и т.д. («Нефть не топливо, — жечь можно и ассигнации», — убеждал современников Менделеев еще в конце XIX в. А полвека спустя Петр Леонидович Капица писал, что в будущем «...о сжигании угля, торфа и пр. в топках будут говорить как о варварстве...»).

Все эти аргументы и факты общедоступны и хорошо известны, и, тем не менее, люди повсеместно сопротивляются строительству АЭС, по этому поводу устраиваются референдумы и демонстрации, уходят в отставку правительства. Причина этого явления — не только в неосведомленности большей части людей относительно природы атомной энергии: как правило, они отождествляют ее с атомной бомбой. Суть возражений грамотных противников атомной энергии значительно серьезнее и кратко сводится к утверждению: она слишком дорога и опасна. По многим причинам: опасность ядерных аварий; проблема радиоактивных отходов; риск попадания ядерного оружия в руки террористов.

Проблемы эти реальны, и честные профессионалы признают, что они не надуманы и, главное, до сих пор не решены. Эмоциональные протесты «зеленых» мало способствуют их решению, а ученые — «атомщики» редко снисходят до серьезных дискуссий с дилетантами: значительно чаще (и часто свысока) они лишь комментируют особенно нелепые пассажи «зеленых». Но уже сам накал страстей в этом споре свидетельствует, что обе стороны не вполне убеждены в своей правоте, и что не все так благостно в «атомном королевстве», как это часто пытаются представить грамотные, но не очень добросовестные апологеты атомной энергии. Более того, даже в самом ядерном сообществе нет единства во взглядах на будущее: одна его часть полагает, что возникший кризис можно преодолеть путем усовершенствования нынешней структуры атомной энергетики, другая настаивает на коренной ее перестройке на базе новых принципов, и, прежде всего, на основе быстрых реакторов нового поколения.

Атомная энергия, став частью большой энергетики, перестала быть чисто научной проблемой, и теперь ее будущее определяют не столько физики, сколько политики и экономисты, которые и стали арбитрами в споре ученых-ядерщиков с обеспокоенной общественностью. Для того, чтобы в этих спорах родилась истина, надо, прежде всего, уйти от двойных стандартов и не предъявлять атомной энергетике требований заведомо более жестких, чем другим видам техники. Нет слов, пример Чернобыля трагичен: 134 человека были госпитализированы с острой лучевой болезнью, 32 из них умерли в течение года и еще многие тысячи живут в ожидании неизвестных последствий малых доз радиации; эвакуированы сотни деревень, а общий экономический ущерб оценивается в ~10 млрд. долл. Но при этом никому не приходит в голову запретить автомобили, хотя каждый год только на дорогах России гибнет до 40 тыс. человек. Такие крупные аварии — не специфика ядерной энергетики, это плата за гигантскую концентрацию энергии. Взрыв на химическом комбинате в Бхопале (Индия) в 1984 г., унес жизни сразу 3300 человек и еще 200 тыс. пострадало от поражений зрения и дыхательных путей. Однако никто не потребовал на этом основании закрыть всю химическую промышленность. Точно так же прорыв плотины в Италии в 1964 г., когда единовременно погибли 500 человек, не остановил строительства гидростанций по всему миру. И мало кто знает, что 1 ГВт электричества в год, выработанный на угольных станциях, стоит жизни ~300 человек, в то время как на атомных — в пятьсот раз меньше. По оценкам, от загрязнения атмосферы ежегодно погибает ~3 млн. человек, а через 20 лет это число утроится, — тысяча Чернобылей ежедневно. Одним словом, за энергию надо платить, а как много — зависит от остроты и срочности проблемы. Абсолютную безопасность обеспечить невозможно, можно только понизить риск возникновения аварий — один из уроков Чернобыля! Чернобыльская авария вот уже 20 лет служит одним из главных аргументов «против» в спорах о будущей атомной энергетики, и, может быть, это главный урон, который она нанесла человеческому сообществу: в нынешних условиях эта задержка может обернуться большими и невосполнимыми потерями.

Радиоактивные отходы — еще одна проблема, которую нужно профессионально решать, а не пугать ею домохозяек и депутатов парламента. Прежде всего, надо усвоить разницу между отработавшим (облученным) ядерным топливом, (ОЯТ) и «ядерной золой» — радиоактивными отходами (РАО). Парламентские баталии, истерики в прессе и дебаты на телевидении в основе своей обусловлены именно непониманием этой разницы. ОЯТ на 95% состоят из урана-238, годного к многократному повторному использованию, и только на 5% — из «ядерной золы». Причем ~1/5 «золы» — это плутоний-239 — ценнейшее топливо и ядерная взрывчатка, ради которой и была в свое время создана вся атомная индустрия, о остальные 4/5 — смесь сотни изотопов тридцати различных радиоактивных элементов, среди которых у всех на слуху стронций-90, цезий-137, технеций-99, йод-129. Но по-настоящему опасны не они, а так называемые трансурановые элементы (изотопы плутония, нептуния, и, особенно, америция и кюрия), которых в РАО всего ~2%, то есть ~0.1% от веса отработавшего ядерного топлива. Атомная станция электрической мощностью 1 ГВт (гигаватт = 109 Вт) сжигает в год примерно 1 т урана, то есть производит ~1 т РАО, которые включают в себя ~200 кг плутония -239 и ~20 кг трансуранов. А вся ядерная энергетика мира (~360 ГВт) производит в год ~10 тысяч т ОЯТ, ~400 т РАО, ~80 т плутония и ~7 т (один трейлер) трансуранов. Для сравнения: одна тепловая станция равной мощности за год работы оставляет после себя ~300 тыс. т золы — больше, чем все ОЯТ (~200 тыс. тонн), накопленное в мире за все 50 лет существования ядерной энергетики. В этом ОЯТ содержится 10 тыс. т РАО, в том числе ~2 тыс. т плутония и ~200 т (~4 вагона) трансуранов.

Сегодня ученые еще не пришли к согласию, что делать с этими отходами: закапывать их глубоко в Землю, выбрасывать в космос или пережигать в реакторах. Но и это не причина, чтобы немедленно запретить энергию ядра: ядерная энергетика еще в самом начале своего развития и надо искать способы решения ее проблем, а не причины, по которым следует удушить ее в колыбели. И еще не ясно, что опаснее: локализованные и контролируемые отходы ядерной энергетики, массированное загрязнение атмосферы выбросами тепловых станций или же миллиарды т моющих средств, которые со временем могут полностью отравить почву и водоемы планеты. (Ежегодная масса «ядерной золы» от АЭС в мире не превышает ~1% от прироста токсичных химических отходов). К этому надо добавить также регулярные экологические катастрофы при авариях танкеров, неизбежные при перевозке миллионов тонн нефти. Кстати, в угле урана в десять раз больше, чем в среднем по Земле, поэтому радиоактивность дымовых шлейфов ТЭЦ многократно превышает радиационный фон в окрестностях АЭС. (Об этом факте «зеленые» почему-то вспоминать не любят.)

Наконец, проблема нераспространения ядерного оружия в эпоху, когда терроризм стал явлением повседневного быта. Прежде всего, терроризм — это вызов всем моральным и этическим нормам нынешней цивилизации, и, если мы хотим ее сохранить, то не следует ставить в зависимость от террористов ее будущее и, в частности, судьбу атомной энергии. Нет абсолютной защиты против целенаправленного зла, но можно и нужно снизить его риск, особенно в местах концентрации энергии. Для этого, прежде всего, надо решить проблему нераспространения ядерных материалов, т.е. перекрыть каналы хищения плутония и урана -235. (Сегодня только в хранилищах России накоплено 34 т плутония, а ведь для атомной бомбы достаточно всего ~5 кг). В существующей структуре атомной энергетики при увеличении ее масштабов вряд ли возможно исключить гарантированно риск такого хищения, поэтому вместо наращивания внешних защитных барьеров нужно найти способы внутренней защиты атомных объектов, независимые от «человеческого фактора». Решить кардинально эту проблему можно только одним способом: создать такие ядерные реакторы и технологии, которые не требуют выделения плутония и разделения изотопов урана, т.е. в корне изменить основу всей современной ядерной энергетики, изначально ориентированной на военные нужды.

Современный облик ядерной энергетики и ее нынешние проблемы определяются историей ее рождения: она появилась как побочный продукт программы создания ядерного оружия, которая требовала, прежде всего, срочно создать реактор для быстрой наработки плутония, а также найти способ разделения изотопов урана. Невиданный расцвет ядерной физики в послевоенные годы объясняется, в том числе, и беспрецедентной государственной поддержкой научных исследований в этой области (которая, в частности, помогла также становлению физики элементарных частиц). В то время некогда было думать ни о радиоактивных отходах, ни о доступных ресурсах урана, ни о безопасности сверх минимально необходимой, а тем более о террористах, бросающих вызов целым государствам. На наших глазах начинается второй этап развития ядерной энергетики, где все эти требования формулируются с самого начала и учитываются самым серьезным образом.

Однако прямолинейный учет всех современных требований к безопасности существующих типов реакторов привел к тому, что они стали экономически неэффективными по сравнению с электростанциями на органическом топливе. Именно это обстоятельство (вкупе с Чернобылем) привело к нынешнему упадку ядерной энергетики. Этот — экономический — аспект проблемы ученые часто недооценивают, хотя ясно, что стоимость энергии (при всей ее важности) не может существенно расти сверх той трети, которую она сегодня занимает в затратах всей человеческой деятельности. Это — еще одна проблема, которой не было при разработке ядерного оружия: в свое время за его создание государство готово было платить любые деньги.

Сегодня атомная энергетика экономически действительно уступает тепловой, если судить ее по меркам примитивной рыночной экономики, а именно, требовать от нее быстрой прибыли. Для создания устойчивой ядерной энергетики будущего требуется 30-50 лет и для решения этой проблемы необходима долгосрочная стратегия ее развития. Это означает, что ядерная энергетика — лишь отчасти дело частных компаний, но в основе своей — приоритетная забота государства, подобно образованию и медицине. Экономика и стабильность государства напрямую зависит от решения проблемы энергии, и, кроме того, именно государство, а не частные компании, отвечает за радиационную безопасность всего населения страны.

Знаменательно, что за последнюю четверть века почти все атомные станции построены в развивающихся странах, а не в странах с давними демократическими традициями. И вряд ли случайно, что основы самой мощной атомной энергетики Европы (78% электричества) были заложены во Франции в то время, когда там правил генерал Шарль де Голль. По существу, на этом частном, но важном примере мы являемся свидетелями того, как демократия развитых стран, в которых возникла и сама наука, и ее детищеатомная энергетика, вошла в противоречие с вызовами эпохи, которые требуют незамедлительных и кардинальных решений, смысл и значение которых понятны до времени лишь узкому кругу профессионалов. Все попытки решить судьбу атомной энергетики с помощью демократических референдумов — неадекватны: истина не подчиняется большинству голосов, а в данном случае — это способ переложить ответственное решение на безответственный электорат.

Для России с ее огромными пространствами и среднегодовой отрицательной температурой атомная энергия много важнее, чем для Франции. Каждую зиму пресса, парламент, телевидение, — все обличают и сокрушаются: в Приморье опять замерзают в школах дети, а дома обогревают буржуйками. Еще в советское время там планировали построить два блока АЭС мощностью в тысячу мегаватт каждый. И если бы эти планы были реализованы, сейчас ситуация была бы там, наверное, не столь катастрофичной. Для работы блока ВВЭР-1000 нужно примерно полвагона (~30 т) урана в год — вместо двух эшелонов угля (~10 тыс. т) ежедневно для питания ТЭЦ равной мощности. Как говорят в таких случаях — почувствуйте разницу, особенно в условиях российских просторов и бездорожья.

В истории России был эпизод, о котором сейчас почему-то вспоминать не любят. В 1765 г. Екатерина II начала культивировать в России картофель, ее начинание продолжили и Павел, и Александр I, но без особого успеха. Только после двух неурожаев хлеба подряд в 1839 и 1840 гг., под угрозой голода Николай I издал высочайшее повеление энергично и повсеместно внедрять в России «второй хлеб» — картофель и для этого повелел раздать крестьянам казенные семена, снабдить их наставлениями по возделыванию, хранению и употреблению картофеля, а также учредить премии и награды особо отличившимся на этом поприще. Царский рескрипт вызвал всеобщее неудовольствие крестьян и в 1842 г. в некоторых губерниях вспыхнули «картофельные бунты», которые пришлось усмирять при содействии военных команд, а местами — даже картечью. (Как говорил полвека спустя по другому поводу Сергей Юльевич Витте: «Против этой реформы была вся Россия: во-первых, по невежеству, во-вторых, по привычке»). К началу XX в. доля посевов картофеля в некоторых губерниях России достигла 20%.

Император Николай I был отнюдь не демократ, но о благе отечества заботился и советам ученых людей внимал. Но если бы ему вместо этого пришла в голову мысль провести всенародный «картофельный референдум», то результат его предугадать нетрудно. Современные либеральные идеи о референдуме по вопросу об атомной энергии мало чем отличаются от идеи «картофельного референдума», и в новых условиях они столь же несвоевременны и опасны, а их инициаторы — преступно недальновидны.

И еще: предприятие Николая I имело успех, прежде всего, потому, что он правильно выбрал направление усилий. Пользуясь своей абсолютной властью, он мог бы точно так же приказать повсеместно выращивать в России бананы (или кукурузу) — с известным результатом. Поэтому главная задача ядерного сообщества сегодня — разработать и предложить обществу и государству новую структуру ядерной энергетики и, прежде всего, создать экономичный, безопасный ядерный реактор, исключающий хищения ядерной взрывчатки и работающий на уране-238 (или тории-232, запасы которых на Земле практически неисчерпаемы).

Такого реактора еще нет и облик его пока не ясен в деталях, но нет сомнений, что его можно создать; полувековой опыт атомной науки и технологии тому пример. Для этого, прежде всего, необходимо осознать масштаб и важность задачи и сконцентрировать усилия на ее решении. Такого понимания ни в обществе, ни во властных структурах, ни даже в самом ядерном сообществе тоже пока нет. Напротив, широко бытует мнение, что время для таких усилий еще не пришло, и проблема эта будет тотчас решена, как только общество решит, что час ее настал. При этом забывают, что за последние четверть века ушло поколение, создавшее современную ядерную энергетику — вместе со своим опытом и энтузиазмом первооткрывателей. И, если сейчас не передать эстафету ядерных знаний новому поколению, то еще через двадцать лет проблему ядерной энергии придется решать заново, причем в условиях дефицита кадров и равнодушия общества к научным проблемам ядерной науки и технологии.

Конечно, проблема атомной энергии не изолирована: это только одна сторона «бермудского треугольника» энергия — экология — экономика, из которого во что бы то ни стало надо найти выход. Масштаб этой задачи многократно превышает сложность задач, которые пришлось решать при создании ядерного оружия. Похоже, ядерную энергетику слишком рано перевели в ранг инженерных дисциплин: в ней еще не решены многие чисто научные проблемы, для решения которых необходим энтузиазм молодости, вдохновленный величием предстоящих задач, и лидеры масштаба Ферми и Курчатова.

По-видимому, настоящий энергетический голод еще не наступил: население еще не преодолело естественный страх перед малознакомыми плодами ядерной энергетики, ученые пока не решили ее ключевых задач, а политики не прониклись исключительной важностью проблемы атомной энергии, чтобы помочь ее решению всей мощью государства.

А времени остается все меньше: ядерная энергетика — не картошка и, когда придет настоящий энергетический голод, внедрить ее за два года не получится.