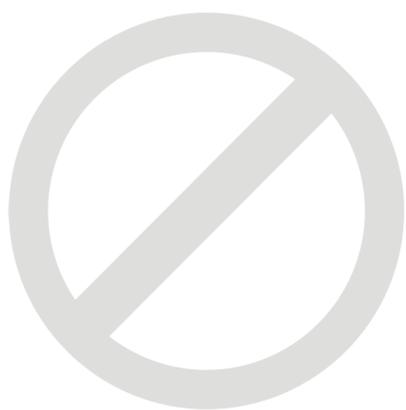




# ПОЧЕМУ ИМЕННО АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Астана  
2014



обратная сторона  
обложки

## ПОЧЕМУ АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА?

В настоящее время человечество для получения электроэнергии и тепла преимущественно использует так называемую традиционную энергетику, которая в качестве топлива использует природные ресурсы: дрова, уголь, нефть и газ. В печах и котлах действующих электростанций эти виды топлива сжигаются, энергия от их сжигания используется для получения электричества и тепла. Такая энергетика иногда называется *огневой*.

Еще используется такой термин, как топливно-энергетический баланс (ТЭБ), который означает, что количество топлива (ресурсов) должно хватать тем мощностям, которые его будут сжигать. Также применяется термин энергопотребление на душу населения, город, вид промышленности, страну. Он означает - какое количество условного топлива надо сжечь, чтобы обеспечить электричеством и теплом отдельного человека, город, вид промышленности, страну.

В настоящее время существуют некие достигнутые уровни энергопотребления. Для примера: по официальной статистике энергопотребление одного жителя Казахстана составляет ~ 13 тонн у.т. в год; например, Мангистауская область (город + промышленность) каждый год потребляет до ~ 700 МВт, для этого в котлах электростанций ТОО «МАЭК-Казатомпром» сжигается ~1,7 млрд. м<sup>3</sup> природного газа.

Очевидно, что уровень потребления будет возрастать. Для того, чтобы энергетика выдавала требуемое количество мощности, она должна иметь достаточное количество топлива. Если человечество будет продолжать получать электроэнергию таким же способом и на тех же мощностях (т.е. при существующем ТЭБ), то, по различным оценкам, нефти хватит на 40-60 лет, газа – на 60-80 лет, угля – на 300-500 лет. Даже учитывая, что технологии традиционного получения энергии будут развиваться и улучшаться (будут более эффективными), то вероятное время общего истощения доступных запасов горючих энергоносителей оценивается от 100 до 150 лет.

Кроме этого, используя огневую энергетику, человечество к концу 20 века осознало, что продукты сжигания органического топлива (т.н. парниковые газы) загрязняют окружающую среду, причем сильно. Результатом этого осознания являются всякого рода международные конвенции, призывающие страны вести работу по сокращению выбросов в биосферу парниковых газов.

Это подтверждают положения программы развития атомной отрасли РК на 2010–2014 гг., **раздел 3.9.1. Вопросы охраны окружающей среды, установленные на международном и национальном уровнях:**

«В 2007 году Межправительственная группа по климатическим изменениям, созданная при МАГАТЭ, завершила ряд научных и политических мероприятий, целью которых являлось улучшение понимания глобальных климатических изменений. В результате проведенных научных мероприятий подготовлен доклад, который подтверждает возрастающее антропогенное воздействие на климатическую систему, обусловленное выбросами парниковых газов. Известно, что основная масса парниковых газов образуется в результате сжигания органического топлива. В докладе представлены явные свидетельства этого воздействия на изменение климата, в особенности в чувствительных экологических системах, проанализирована уязвимость общества и экосистем от условий изменения климата. Определены варианты адаптации и их пределы; а также сделан вывод о том, что в случае превышения некоторых значений изменения климата, возможности адаптации становятся чрезвычайно дорогостоящими или вообще исчезают. Это требует решительного сокращения выбросов парниковых газов (приблизительно на 50% в глобальных масштабах к 2050 году) и в значительной степени повышает важность низкоуглеродных энергетических технологий, таких, как ядерная энергетика. Сделан вывод, что в энергетическом секторе, во временной перспективе до 2030 года, ядерная энергетика имеет наибольший потенциал смягчения последствий с точки зрения сокращения выбросов при наименьших средних социальных затратах. В результате проведения всеобъемлющего обзора исследований технологических оценок был сделан вывод, что ядерная энергетика (наряду с гидроэнергетикой и ветроэнергетикой) дает самые низкие за все время выбросы парниковых газов на единицу вырабатываемой электроэнергии.

Производство электроэнергии в Казахстане осуществляется в основном на угольных электростанциях, которые производят около 80% электроэнергии. При этом угольные электростанции загрязняют атмосферу большим количеством вредных газообразных выбросов, в которых содержатся тяжёлые металлы и радиоактивные вещества. При сжигании угля образуются оксиды углерода, азота и серы, диоксиды серы и азота, а также неразрушающиеся канце-

рогены, такие как, соединения бериллия, кадмия, никеля и хрома. Оксиды серы и азота вызывают кислотные дожди и кислотные отравления. Кроме того, при сжигании угля в атмосферу выбрасываются естественные радионуклиды:  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$ ,  $^{226}\text{Rn}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ . Даже если реальную эффективность очистки дымовых выбросов от золы принять равной 98,5%, как это делается на современных угольных ТЭС (теплоэлектростанциях), то и в этом случае радиационное воздействие на население, обусловленное естественными радионуклидами в выбросах ТЭС, в 20 раз выше, чем у АЭС равной мощности (хотя в обоих случаях оно, разумеется, многократно меньше влияния естественного фона). Таким образом, одним из наиболее важных результатов реализации Программы является улучшение экологической обстановки в связи со снижением доли электрогенерирующих предприятий, использующих органическое топливо».

Дальше, если продолжать жить по принципу «после нас - хоть потоп», человечество ждет тяжелые времена. Для того, чтобы избежать столь безрадостной перспективы, необходимо ясно осознать тот факт, что энергетический кризис надвигается, что его надо предотвращать, что этот кризис имеет системный, комплексный характер с политическими, мировоззренческими и технологическими аспектами. Стоит конкретный вопрос – как и чем заменить выбывающие запасы нефти, газа и угля в структурах ТЭБ и производства электроэнергии? Здравомыслящим людям очевидно, что решение этой проблемы лучше не откладывать. Также необходимо понимать, что надо перестраивать мировое тепло-энергетическое хозяйство, и что эту перестройку можно вести, только имея высокий уровень энергообеспечения. Мы должны понимать, что достигнутый уровень выработки энергии, вследствие грядущего истощения запасов органического топлива, будет падать. И тогда можно опоздать.

Что делать? Ясно, что нужен долгосрочный, обоснованный план действий, который бы предусматривал выбор базовой, главной технологии выработки энергии на обозримое будущее. Этот выбор должен базироваться на триедином критерии:

- 1) технология должна обеспечить, по меньшей мере, сохранение (а лучше увеличение) достигнутого уровня потребления;

- 2) иметь значимое (как минимум – в пределах сотен лет) ресурсное обеспечение;
  - 3) иметь гарантированные возможности практической реализации.
- Для того, чтобы говорить об этих критериях, надо объяснить некоторые технические понятия, которыми руководствуются специалисты инженеры-энергетики.

Часто предлагаются, внешне очень заманчивые, пути развития энергетических технологий, которые при попытке практической реализации, увы, оказываются тупиковыми.

Инженер при анализе принципиальных возможностей той или иной энергоустановки обращает внимание, прежде всего, на две ее характеристики: плотность передачи энергии и коэффициент готовности. Эти характеристики являются определяющими, в итоге именно от них зависит техническая и экономическая целесообразность создания того или иного типа энергоустановки.

**Плотность передачи энергии** – то количество энергии, которое снимается с единицы площади приемника энергии в ходе работы. Таким приемником является, например, поверхность печи на дровах, теплообменника угольного или газового котла, рабочая площадь лопастей ветрового генератора или водяной турбины, внутренняя поверхность тепловыделяющего элемента ядерного реактора, площадь солнечной батареи и др. Понятно, что чем плотность передачи энергии выше – тем лучше. Ведь она определяет площадь, необходимую для сооружения электростанции или теплоцентрали заданной мощности.

**Коэффициент готовности** (с некоторым упрощением) – это безразмерная величина, равная отношению числа дней за некоторый (достаточно длительный, не менее года) временной период, в течение которых технически возможна работа установки на номинальной мощности, к общему числу дней в этом периоде. Он всегда меньше единицы, но чем ближе к ней – тем лучше. Мало кому нужна энергоустановка, которая в процессе эксплуатации больше простаивает, чем работает. Кроме того, очень важно, является ли коэффициент готовности управляемым – иными словами, чем обусловлено его отличие от единицы. Если это обусловлено плановыми ремонтами, то в этих случаях всегда предусматривается (и реализуется) маневр оставшимися мощностями, позволяющими избежать сбоев в энергоснабжении. Но вот если эти технологические паузы

установка «выбирает себе сама», то это никуда не годится. Самая плохая технология – это непрогнозируемая технология.

В контексте выполнения всех этих требований рассмотрим основные технологии производства энергии настоящего и будущего (без анализа частностей).

Огневая энергетика по факту своего реального существования способна обеспечить достигнутый уровень энергопотребления, который она сегодня и определяет. Реализующие ее установки характеризуются высокими значениями плотности передачи энергии (десятки и сотни кВт/м<sup>2</sup>) и управляемого коэффициента готовности (~0,8). Но не за горами ее близкое ресурсное истощение ...

**Термоядерная энергетика (ТЯЭ).** На сегодня известны принципы получения термоядерной реакции и технические подходы по ее реализации. ТЯЭ вполне способна обеспечить всему человечеству энергетическое изобилие. Это обусловлено приемлемыми ожидаемыми значениями плотности передачи энергии (порядка десятков кВт/м<sup>2</sup>) и заведомо высокими величинами управляемого коэффициента готовности – при практически неограниченном (в случае реализации дейтериевого цикла) ресурсном обеспечении. Ведь дейтерий есть в обычной воде, пусть и в малом количестве (0,015% по числу ядер от всего водорода). А потенциал его громаден – расчетное количество энергии, запасенное лишь в 1 литре воды эквивалентно, при полном протекании термоядерных реакций дейтериевого цикла, сжиганию примерно 400 л нефти или около 600 кг высококачественного угля.

Но весь вопрос в том, когда термоядерная энергетика станет практической реальностью? Сейчас она таковой не является. Очень трудно решаются вопросы материаловедения и устойчивости управления полученной плазмой. Главной проблемой является то, что требуемое для этого время, по всей видимости, сравнимо со сроком истощения ресурсных запасов «традиционной» огневой энергетике.

В этих условиях идти на технологический риск, безоглядно бросив все силы на овладение управляемым термоядерным синтезом, вряд ли уместно – слишком «коварна» в обсуждаемом смысле ТЯЭ. Сколько раз уже казалось, что вот оно в руках, термоядерное энергетическое могущество человечества, но, увы... Если даже допустить, что в ближайшие 10-15 лет будет достигнута инженерная готовность термоядерной энергетике, то на глобальную системную перестройку

ку энергетической структуры тоже потребуется время, а главное – энергия. Много энергии, с каждым годом все более дефицитной. К сожалению, здесь никак не выполняется *третий критерий*.

Поэтому, наиболее разумной стратегией в отношении ТЯЭ представляется подход «надеясь на лучшее, готовиться к худшему». Иными словами, ни в коем случае не прекращая термоядерных исследований (напротив, всемерно развивая их), иметь наготове другой вариант выработки энергии на какой-то иной физико-технической основе, позволяющей постепенно заместить нефть, газ и уголь.

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Перспективы создания масштабной энергетики на базе так называемых **возобновляемых источников**. Их достаточно много – энергия стока рек, ветра, солнца, приливов, земных недр.

Характерной чертой возобновляемых источников энергии является отсутствие технологий ее получения. Ведь дрова, уголь, нефть, газ, уран, дейтерий сами по себе энергией не являются – она лишь «запасена» в них, требуя для своего высвобождения костра, печи, котла, форсунки, реактора. А ветер, например, сам по себе есть энергия «готовая для использования». Также обстоит дело и с другими возобновляемыми источниками.

Отсюда следует вывод о том, что ресурсное обеспечение этой энергетики бесконечно. Это очень хорошо: обеспечивается *второе требование* триединого критерия. Также выполняется *третье требование* – гарантированность технической реализуемости. Подножку в этом деле ставит *первое требование* – техническая возможность обеспечения хотя бы существующего сегодня уровня мирового энергопотребления. Тут и проявляется в полной мере «врожденные пороки» энергетики на возобновляемых источниках.

Первый, и главный – чрезвычайно низкая плотность передачи энергии, ее «рассеянность». Вместо десятков и сотен кВт/м<sup>2</sup>, типичных, как мы знаем, для огневой энергетики – имеем десятые (для средних широт и нормальных погодных условий) доли кВт/м<sup>2</sup> для ветровой и солнечной, тысячные доли – для приливной, стотысячные – для геотермальной и т.д.

Прямым следствием низкой плотности передачи энергии является резкое возрастание производственных площадей электростанций и, соответственно, площадей отчуждаемых земель (табл. 1).

Таблица 1. Площади отчуждаемых земель (в среднем) для выработки одинакового количества электроэнергии (относительно АЭС)

Тип электростанции	АЭС	ТЭС			ГЭС	Солнечный	Ветряной
		мазут	газ	уголь			
Площадь, Га	1	1,4	2,4	3,3	420	160	270

По данным табл. 1 нетрудно посчитать площадь, которую будут занимать ветровая или солнечная электростанции мощностью 600 МВт (это мощность 2-х блоков ВБЭР-300).

Для строительства 2-х блоков ВБЭР-300 требуется территория ≈50 Га, тогда, соответственно, для СЭ имеем:

$$50 \text{ Га} \times 160 = 8\,000 \text{ Га} = 8 \times 10^7 \text{ м}^2 = 80 \text{ км}^2$$

для ВЭ:

$$50 \text{ Га} \times 270 = 135\,000 \text{ Га} = 135 \times 10^7 \text{ м}^2 = 135 \text{ км}^2$$

Вынужденно огромные площади электростанций на возобновляемых источниках влекут за собой резкое, на порядки величин, увеличение удельных (на единицу произведенной энергии) натуральных и стоимостных затрат на материалы и оборудование при их сооружении и эксплуатации. Например, для сооружения всего лишь 1 км<sup>2</sup> простейших солнечных коллекторов требуется около 10 000 т алюминия и столько же - стали. А ведь их еще надо произвести – естественно, тоже затратив на это энергию, и немалую. Во многих случаях возникают серьезные сомнения, не оказывается ли произведенная на таких электростанциях энергия вообще меньше затраченной на их сооружение и эксплуатацию? Например, в Германии, в которой уже более 25 лет активно развивается и пропагандируется ветровая энергетика, ее себестоимость составляет ~9 центов/кВт·ч при средней цене по стране электроэнергии ~3 цента/кВт·ч, не смотря на все технологические и инновационные усилия. Не будем забывать и тот факт, что развитием возобновляемой экологически чистой энергетики занимаются исключительно богатые страны (которые могут себе позволить, в некоторых случаях, даже экономически неоправданные электростанции).

Очень плохо у «возобновляемой энергетики» обстоит дело и с коэффициентом готовности. Он вообще низок (для ветровой и солнечной энергетики составляет 0,2-0,4), однако печальнее всего то, что, в отличие от огневой энергетики, он не является управляемым.

Это и понятно: например эффективность ветрового генератора в основном определяется направлением ветра и его силой, а они человеком не контролируются и, очевидно, человек в сколько-нибудь долгосрочном плане этому не научится.

Жаль, конечно, но реальная значимость, да и обозримые перспективы ветровой, солнечной, приливной, геотермальной и других «возобновляемых» (повторимся *масштабных*) энергетик абсолютно не соответствуют нашим надеждам. То что говорят политики и экологические деятели и шумно озвучиваемые кампании через СМИ, к сожалению, не ведут к решению энергетической проблемы и для спасения человечества они не подходят.

В настоящее время только ~ 1,1% от общего количества вырабатываемой в мире электроэнергии приходится на долю «возобновляемой» энергетики.

Прямым подтверждением этим неутешительным выводам являются выдержки из Национального отчета по использованию инструментов «Зеленого роста» в РК, который был представлен на III Астанинском экономическом форуме «Полномасштабная интеграция евразийского континента – новая модель успешного развития посткризисного мира», 01.07.2010 г., [http://www.ecoaccord.org/news2011/green\\_growth\\_kazakhstan\\_rus.doc](http://www.ecoaccord.org/news2011/green_growth_kazakhstan_rus.doc). В разделе Отчета «Меры развития возобновляемой энергетики» написано: ***«Известно, что вследствие более высоких производственных издержек, возобновляемая энергетика неконкурентоспособна с традиционной при существующем уровне цен на рынке электроэнергии. Существуют два основных пути повышения конкурентоспособности возобновляемой энергетики:***

- ***развитие технологий, позволяющих снизить производственные издержки. Это естественный процесс, однако, его скорость может быть недостаточна для обеспечения быстрого развития альтернативной энергетики;***
- ***повышение общего уровня оптовых и розничных цен на рынке электроэнергии хотя бы до нижней границы производственных затрат производителей альтернативной энергетики.***

Некоторое исключение – гидроэнергетика; для нее коэффициент готовности выше (0,5-0,6) и в основном он управляем. На ГЭС сегодня вырабатывается ~ 15,9% от общемировой выработки элект-

роэнергии. Рекордные показатели удельного энергопотребления (свыше 20 кВт/чел. в год) для скандинавских стран, а также Австрии и Швейцарии во многом обусловлены наличием значительных количеств высокотехнологичных энергоемких производств именно на базе относительно дешевой гидроэнергии. Причем вовсе не случайно гидроэнергетика в перечисленных в этих странах базируется на значительном количестве сравнительно небольших ГЭС, сооруженных на горных реках (что соответствует общему природному рельефу этих стран). «Ущелистые» русла таких рек позволяют добиться значительного напора при минимальной площади водного зеркала водохранилища, образуемого при сооружении плотины. Соответственно, не слишком большой будет и площадь затопляемых при этом земель, что делает такие ГЭС приемлемыми экономически и экологически.

Совсем иная картина на равнинных реках. Здесь для обеспечения необходимого напора господствуют циклопические масштабы – и при сооружении плотин (что резко ухудшает инвестиционную привлекательность проектов), и при затоплении громадных площадей выше по течению (с неизбежными как экономическими, так и, в особенности, экологическими потерями). Этим и обусловлен очень неблагоприятный общий показатель гидроэнергетики по площади отчуждаемых земель (табл. 1). Сказанное обуславливает весьма скромные перспективы гидроэнергетики, как энергии будущего, особенно для условий Казахстана.

## АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Рассмотрим атомную энергию с позиции сформулированных ранее требований. Плотность передачи энергии рекордная: от топлива к теплоносителю через оболочку тепловыделяющего элемента передается около  $650 \text{ кВт/м}^2$  ! Более того, ядерное топливо обладает колоссальной энергоемкостью. Ведь на каждый акт деления ядра урана или плутония выделяется около 200 МэВ энергии. Сравним эту величину с 4 эВ от окисления одного атома углерода в углекислый газ. (!?). Один килограмм ядерного топлива реактора ВБЭР -300 по запасенной энергии эквивалентен примерно 30 т (вагону) высококачественного угля или 20 т нефти!

Коэффициент готовности атомной энергетики очень высок (~ 0,8) и практически полностью управляем, его зависимость от суточных

и погодно-климатических факторов отсутствует. Вопрос о ее практической реализуемости, понятно, вообще не стоит: это – вполне реальная отрасль современной энергетики, обеспечивающая около 16% мировой выработки электроэнергии.

Посмотрим перспективы ресурсного обеспечения атомной энергетики. В природе существует один-единственный материал, делящийся нейтронами любых энергий, и поэтому, способный при соответствующем конструктивном оформлении в виде ядерного топлива поддерживать цепную реакцию деления – физическую основу атомной энергетики. Это легкий изотоп урана – уран-235. Однако в естественном уране его очень мало – всего около 0,7%. Остальное составляет уран-238. Сам по себе он для ядерной энергетики никакой ценности не представляет, поскольку делится очень плохо и цепной реакции деления не поддерживает. Но есть другие возможности его использовать.

Физика реактора – это прежде всего нейтроны и их «судьба». На десять актов деления урана-235 их (статистически, в среднем) образуется примерно 24 – потому-то, собственно говоря, и возможна цепная реакция деления. Часть нейтронов идет на ее поддержание, часть поглощается конструкционными материалами активной зоны, органами управления реактора и его биологической защитой. Наконец, некоторое количество нейтронов поглощается ядрами, на первый взгляд, бесполезного урана-238 без деления. Однако, образовавшийся при этом уран-239 довольно быстро в ходе двух последовательных бета-распадов превращается в новое ядро – долгоживущий плутоний-239. А вот он является прекрасным искусственно созданным ядерным топливом, не уступающим урану-235!

Таким образом, любой ядерный реактор не только сжигает первоначальный делящийся материал уран-235, но и нарабатывает некоторое количество нового делящегося материала плутония-239, причем из урана-238. Часть образующегося плутония-239 «сгорает» вместе с ураном-235, а часть его остается в облученном ядерном топливе, откуда его можно извлечь путем радиохимической переработки и *использовать вновь*.

Таким образом, становится понятным главный вопрос ресурсного обеспечения атомной энергетики. В упрощенной формулировке он звучит так: больше или меньше единицы является отношение скоростей выработки нового ядерного топлива (плутония-239 из

урана-235) и выгорания исходного (урана-235 и/или того же плутония-239)? Если оно будет меньше единицы – тогда атомная энергетика будет существовать лишь до тех пор, пока доступен (технически и экономически) уран-235 (так плутония в природе нет, весь он получается искусственно в ядерных реакторах). К сожалению, для современной мировой атомной энергетики дело именно так и обстоит – ее основой являются атомные реакторы на тепловых нейтронах, а для них это отношение (коэффициент конверсии) всегда меньше единицы – в лучшем случае порядка 0,8. Простейшей оценкой несложно получить, что в этом случае вовлечение в топливный ресурс урана-238 за счет образования плутония очень мало – единицы процентов. В таком виде атомная энергетика для решения проблемы энергии будущего вряд ли сильно поможет – даже при возврате в топливный цикл невыгоревшего урана и образовавшегося плутония время ее существования ограничено величиной порядка сотни с небольшим лет. После этого истощение урана-235 ставит на ней крест, поскольку оставшийся после нее уран-238 (более 95% первоначального запаса всего природного урана!) сам по себе никому не нужен.

Но вот если упомянутое соотношение *больше единицы* (тогда оно называется коэффициентом воспроизводства), тогда реактор в каждом эксплуатационном цикле производит больше нового топлива (плутония из урана-238), чем выжигает исходного урана урана-235 или плутония. С точки зрения ресурсного обеспечения это означает, что атомная энергетика «не успокоится», пока не сожжет весь уран – включая и уран-238! При этом в дело пойдут не только урановые руды (минералы, содержание урана в которых превышает порог рентабельности их разработки), но и вообще все, где есть хоть немного урана, вплоть до гранитных пород и морской воды. Насколько при этом возрастет ресурсный потенциал? Попробуем оценить это сами. Если современная атомная энергетика с реакторами на тепловых нейтронах, вовлекающая в производство энергии около 3% всего технически доступного природного урана, работоспособна по запасам топлива примерно 100 лет, то при вовлечении в режиме воспроизводства 60% этого урана (что вполне реально) ресурс увеличивается в 20 раз – до двух тысяч лет! Имея такую «энергетическую подстраховку» по времени, можно без спешки и суеты создавать принципиально новые энерготехнологии, развивать энергосбережение и др.

Такой тип ядерно-энергетического топливного цикла, который позволяет совершить эту технологическую революцию, реализует комплекс, состоящий из реактора на быстрых нейтронах с топливом на основе плутония в совокупности с радиохимическим предприятием по переработке облученного топлива. Реактор на быстрых нейтронах – вполне обыденное техническое устройство, работоспособность которого проверена не только на десятках опытных установок, но и на коммерческих энергоблоках. Например, реакторная установка БН-350, запущенная в СССР в 1973 г., в г. Шевченко (ныне г. Актау, Казахстан), успешно эксплуатировалась в режиме производства электроэнергии и опреснения морской воды в течение 25 лет. Запущенный на Белоярской АЭС в 1980 г. БН-600 до сих пор бесперебойно снабжает россиян электроэнергией. Вполне отработанными технологиями являются и переработка облученного топлива с выделением плутония, и изготовление свежего топлива на его основе.

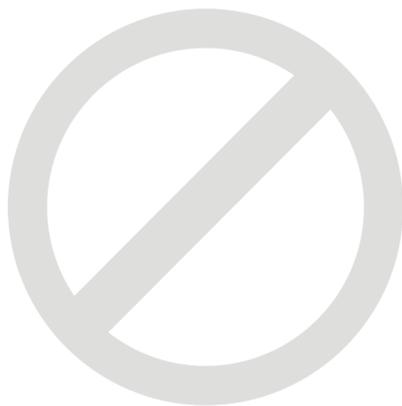
## РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАКТОРОВ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

Почему быстрые реакторы-размножители до сих пор не стали основой мировой атомной энергетики? Ответ – пока они дороже. До сих пор еще относительно дешевым является природный уран и, соответственно, коммерчески выгоднее реакторы-конвертеры на тепловых нейтронах. Положение начнет меняться примерно к 2050 году, когда природного уже не будет хватать. Вот если к этому времени структурная перестройка мировой атомной энергетики на базе новой технологической платформы с быстрыми реакторами-размножителями будет развернута – тогда мирового энергетического кризиса удастся избежать. Остается надеяться, что человечество до той поры поумнеет и прекратит безоглядно барахтаться в болоте приоритета сиюминутной выгоды.

Таким образом, можно говорить о том, что атомная энергетика приходит к нам всерьез и надолго – просто потому, что, как мы видели, никакого другого пути предотвращения надвигающегося системного энергетического кризиса реально не просматривается. А это значит, что она на наших глазах будет менять свой общественный статус – из «занятия избранных», технологии достаточно элитарной, она становится достоянием масс, частью обыденной жизни.

При этом возникает множество серьезных вопросов, связанных с сохранением высокого уровня физической и эксплуатационной безопасности на атомных объектах, с подготовкой кадров новой формации, с созданием надежно функционирующей, оптимальным образом встроенной в экономическую, социальную и административную систему страны структуру отрасли и т.д. Но именно для атомной энергетики в этой связи есть и чрезвычайно специфическая проблема, другим технологиям либо присущая в гораздо меньшей степени, либо не присущая вовсе. Это – проблема обретения полного общественного доверия, чего сейчас у нее, конечно, нет. А в таких условиях упомянутая смена статуса – очень трудное дело, поскольку в этот процесс будет постоянно «встроено» подспудное внутреннее противодействие.

ДЛЯ ЗАМЕТОК



обратная сторона  
обложки

Формат 148x210 мм  
Гарнитура Arial, кегль 11  
Тираж 2000.

Дизайн и верстка: Алиев С.А.

Отпечатано в типографии:  
ТОО «Типография Форма Плюс», г. Караганда,  
ул. Молокова, дом №106, корпус 2. КНП 710.