**Реферат по мониторингу.**

**Сравнительная оценка рисков в атомной и других отраслях энергетической промышленности**

( энергия, экология, нормативы, показатели, динамика смертности)

Энергия – это движущая сила любого производства. Тот факт, что в распоряжении человека оказалось большое количество относительно дешевой энергии, в значительной степени способствовало индустриализации и развитию общества. Однако в настоящее время при огромной численности населения и производство, и потребление энергии становится потенциально опасным. Наряду с локальными экологическими последствиями, сопровождающимися загрязнением воздуха, воды и почвы, существует опасность изменения мирового климата в результате действия парникового эффекта.

Мы стоим перед дилеммой: с одной стороны, без энергии нельзя обеспечить благополучия людей, а с другой – сохранение существующих темпов ее производства и потребления может привести к разрушению окружающей среды, и как следствие - к снижению жизненного уровня и даже нанести серьезный ущерб человеческой популяции, влияя на генетический код человека.

Казалось бы, все достаточно просто. Необходимо рассмотреть как взаимодействуют технологии топливно-энергетического комплекса (ТЭК) с биосферой и по результатам « обратного » воздействия в виде возможных, часто необратимых изменений последней, выбрать правильное решение.

Неопределенность таких проблем окружающей среды как изменение мирового климата и различные точки зрения о разумном балансе между экономическим ростом и его воздействием на окружающую среду, приводят к разной политике в отношении развития ТЭК. Например, рассмотрим две принципиально различные позиции развития энергетики.

Концепция «следования традициям» поддерживается многими и предусматривает, что развивающиеся нации пойдут в основном по пути, проложенному развитыми странами. Другая концепция «сбалансированного мира» - предполагает, что вопросы охраны окружающей среды в мировом масштабе будут решаться всеми народами сообща за счет смягчения потребительской направленности в стиле жизни населения и усиления энергосберегающих тенденций научно – технического прогресса. В основе обеих концепций лежит допущение, что к 2010 году численность населения земного шара достигнет 7 миллиардов человек, а объем промышленного производства удвоится.

Концепция « следования традициям » исходит из того, что в обозримом будущем привычки и образ жизни людей существенно не изменятся, а цены на энергию (особенно нефть) будут постепенно расти, хотя в этом росте могут наблюдаться и скачки. Ожидается, что к 2010 году мировое энергопотребление увеличится на 50 - 60% и структура этого потребления ( по видам топлива) в основном сохранится такой же, что и в настоящее время. Поэтому выбросы СО2 во всем мире также возрастут на 50 – 60%. В данной концепции подразумевается, что сохранение потребительского стиля жизни оправдано и что климатические изменения либо не будут представлять серьезной угрозы, либо человечество просто сумеет к ним приспособиться.

Проблема глобального потепления полна неопределенностей, но если исследования все же подтвердят наличие связи между выбросами СО2 и климатическими изменениями, то концепция «следования традициям » может обойтись очень дорого.

Чтобы обеспечить реализацию концепции « сбалансированного мира » необходимо на общие закономерности эволюции биосферы, сформулировать принципы совместимости технологических объектов, включая объекты топливно-энергетического комплекса, заимствован из известного фундаментального принципа всемирной целесообразности, устанавливающего общую причинно-следственную связь материи на любых уровнях ее рассмотрения (макро и микро и т. д.). Следуя ему, строго говоря, принципиально невозможно проследить, а, следовательно, и прогнозировать все изменения в биосфере и ее комплексов при совместном рассмотрении системы: «объекты ТЭК – биосфера ».

Одним их главных стратегических ориентиров в энергетике было и остается энергосбережение. По данным американского исследователя А. Розенфельда особенно преуспели в этом отношении Япония и страны Западной Европы. Что же касается России, то пока экстенсивная энергетика превалирует над интенсивной.

Каждая из стратегий будет по-разному отражаться на экологической обстановке регионов. Уже сейчас очевидно, что экологически «чистых» энергоносителей быть не может. Использование каждого из них неизбежно сопровождается тепловым загрязнением окружающей среды, выбросами токсичных веществ и СО2, искажением естественных ЭМ - полей. В течение многих лет разрабатываются и корректируются программы развития энергетики. Однако все подходы объединяет одно – отсутствие фундаментального базиса для согласованного развития технологий ТЭК с устойчивостью биосферы.

Экологическая целесообразность как критерий совместимости техносферы и биосферы диалектически связана с другими критериями (экономическими, более частными экологическими, технологическими и другими) как общее и частное, в силу чего эти критерии и соответствующие механизмы должны представляться как разноуровневые понятия, образующие вертикальную структуру.

Топливно-энергетический комплекс (ТЭК) является важнейшей структурной составляющей экономики России, одним из ключевых факторов обеспечения жизнедеятельности производительных сил и населения страны. Он производит более четверти промышленной продукции России.

Согласно концепции допустимого риска, если его величина от какой либо деятельности превышает допустимое значение, риск следует уменьшить. В противном случае эта деятельность должна быть запрещена. В качестве допустимого значения индивидуального риска от той или иной деятельности для населения рядом международных и национальных организаций предлагается принять значение в год. Такой риск обычно не вызывает возражений людей и соответствует риску гибели от стихийных бедствий. Сравнение рекомендованного значения допустимого риска (1⋅10-6 в год) и значение риска для населения от АЭС (0,2⋅10-6 в год) показывает его соответствие данному требованию по безопасности.



Однако если распространить это требование на ТЭС, что было бы весьма логично, последние, за исключением газовых ТЭС, не будут удовлетворять допустимому значению риска. Приведение их в соответствие возможно при внедрении соответствующих мер, финансовые затраты на которые ещё больше ухудшат экономические показатели угольных и нефтяных ТЭС по сравнению с АЭС.

Окружающая среда и человек представляют единую замкнутую систему. Антропогенное воздействие на окружающую среду определяет степень воздействия этой среды на человека. Человечество своей техногенной деятельностью создает как бы искусственный вариант окружающей среды, вытесняя при этом естественную природу.

Одним из наиболее важных аспектов проблемы человек – окружающая среда является медико-биологический, так как деградирующая среда в первую очередь оказывает отрицательное влияние на здоровье человека. В силу этого первостепенное значение в исследовании проблемы взаимоотношения человека и окружающей среды приобретают вопросы выяснения общих закономерностей взаимодействия организма и окружающей среды с учетом возможного комбинированного воздействия различных неблагоприятных факторов, формирования адаптационных реакций организма, санитарно – гигиенического нормирования патогенных воздействий. Санитарно-гигиеническое нормирование является первоосновой обеспечения безопасности человека. Это объясняется тем, что санитарные нормативы являются фундаментом при рассмотрении и составлении долгосрочных планов и глобальных акций человека, направленных на нормализацию условий жизни на планете.

Гигиенический норматив – это научно обоснованный количественно и качественно фактор внешней среды, воздействие которого на человека на протяжении всей его жизни не вызывает изменения в состоянии его здоровья и не сопровождается генетическими последствиями.(1)

Причем под здоровьем понимается состояние полного физического, психического и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или инвалидности.

В принципе безпороговые токсические агенты, к числу которых относится и ионизирующее излучение, не должны были бы получать распространения. Однако отказ от их использования причинил бы намного больше вреда. Следовательно, необходимо искать такое решение, которое позволило бы получать максимально планируемые выгоды при минимальном ущербе обществу и каждому человеку в отдельности.

Отрицательные последствия риска имеют место тогда, когда на первый план выдвигаются технико-экономические обоснования в ущерб санитарно-гигиеническим, экологическим требованиям.

В настоящее время нет таких производств, которые полностью бы исключали риск травмы, заболевания или гибели. Разработка любой новой технологии сопровождается не только привлечением в жизнь соответствующих экономических выгод, но и приводит также к определенному увеличению риска отрицательных последствий для участников этого процесса.

Загрязнение окружающей среды и появление новых категорий риска – результат технологических процессов, приносящих определенную запланированную пользу. В силу этого анализ риска требует также учета и соизмеримости с ним пользы, которую приносит данный процесс.

Однако установление приемлемого риска представляет собой весьма сложную экономическую, социальную и технологическую проблему.(2)

В методологии риск-польза существует много неопределенностей. Особенно при их соотношении с индивидуумом или с группами населения во временных интервалах, неоднозначной чувствительности к токсическим агентам представителей экологической цепочки. Безопасные уровни воздействия токсических веществ для одних могут быть недостаточно строги и не защищать от неблагоприятных факторов других представителей экосистемы. Даже законодательное регламентирование ПДК никогда не будет оптимальным, так как оно порождает новые вопросы: насколько гетерогенно по чувствительности к данному вредному агенту защищаемое установленной величиной ПДК население и в какой степени принятые меры защищают резистентную и чувствительную часть населения. Данный вопрос далек от решения как в научном, законодательном, так и в правовом отношении.(1)

Да и сам термин « приемлемый риск »несмотря на то, что его достаточно широко используют, не имеет однозначной формулировки вследствие различной трактовки его и сложности установления. Наиболее удачным является следующий критерий приемлемости риска: Риск, вносимый при применении новой техники, может считаться социально приемлемым, если одним из конечных полезных эффектов использования новой техники будет снижение суммарного риска, которому подвергаются люди. Если окажется, что дополнительный риск, вносимый новой техникой, не компенсируется дополнительным снижением других рисов, и суммарный риск в итоге возрастает, разумно считать его социально неприемлемым и ввести дополнительные меры безопасности или отказаться от широкого применения новшества.(2)

Загрязнители окружающей среды сами по себе нередко отрицательно влияют на развитие промышленности, результатом и производными которой они являются. Поэтому при оценке соотношения польза – вред необходимо также принимать во внимание этот аспект действия загрязнителей, т.е. оценка должна быть комплексной, с учетом следующих факторов:

* приемлемого ущерба окружающей среде с учетом снижения ее продуктивности;
* влияния изменившихся параметров системы на технологию производственных процессов;
* возрастающих затрат на восстановление и поддержание качества окружающей среды и воспроизводство ее ресурсов;
* потерь общества от нарушения здоровья человека;
* потерь труда, вложенного в неиспользуемую, а потому удаляемую обратно в окружающую среду часть ресурсов в виде деградированных форм энергии и ресурсов.(1)

Рассмотрим значения индивидуальных показателей смертельного риска, характерных для современного общества.

Прежде всего, надо отметить, что риск, обусловленный внутренней средой обитания человека, т.е. в результате различных заболеваний и старения, составляет 1⋅10-2 в год. Это значит, что в среднем один человек из 100 умирает ежегодно от болезней и старости. Наибольший вклад в этот риск дают сердечно сосудистые заболевания. Рассмотрим риск смерти (чел/год), вызванный различными причинами (табл. 1.).

## Таблица №1

Значения риска смерти (чел/год), вызванного различными причинами

|  |  |
| --- | --- |
| Причина смерти | Риск смерти (чел/год) |
| Сердечные заболевания различного рода | 1⋅10-2 |
| Возрастная группа 20-24 г. | 4⋅10-4 |
| Возрастная группа 45-49 лет | 5⋅10-3 |
| Злокачественные опухоли | 2⋅10-3 |
| Природные катастрофы | 1⋅10-5 |
| Загрязнение атмосферного воздуха выбросами ТЭС (на угле и нефти) | 4⋅10-6 - 2⋅10-5 |
| Отравление выхлопными газами в промышленно развитых странах | (1-5)⋅10-6 |
| курение | 5⋅10-4 |

Риск смерти для промышленных профессий варьирует довольно в широких пределах:

От 10-6 до 10-2 на человека в год.

В зависимости от величины риска профессиональную деятельность классифицируют по степени безопасности (тал. 2.)

Таблица №2

Классификация условий профессиональной деятельности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Категория | Условия профессиональной деятельности | Диапазон риска смерти на человека в год |
| I | Безопасные | <1⋅10-4 |
| II | Относительно опасные | 1⋅10-4 - 1⋅10-3 |
| III | Опасные | 1⋅10-3 - 1⋅10-2 |
| IV | Особо опасные | >1⋅10-2 |

Эта квалификация в определенной степени условна, но она позволяет сравнивать условия профессиональной деятельности различных производств, особенно для новых отраслей, и на этой основе судить о дополнительном риске, связанном с новым видом профессиональной деятельности.

На основе имеющихся статистических данных, риск смерти 5⋅10-4 на человека в год можно рассматривать как социально приемлемый риск, обусловленный профессиональными факторами. Это значение соответствует риску смерти от болезней в возрасте примерно 30 лет, т. е. когда он максимален.

Существующие условия риска сложились путем исключения других источников риска, а также с оценкой социально-значимой выгоды, которую дает основная техника.

Мировой энергетический кризис явился поворотным этапом в эволюции взглядов на ядерную энергетику. Общепризнанным является то, что в настоящее время из всех проблемм, связаных с развитием ядерной энергетики ( экономических, социальных, технических), проблема риска и прогнозирования биологических последствий попадания радионуклидов в окружающую среду является одной из наиболее сложных.

В принципе осторожность общества и определенный консерватизм проявляются при внедрении любой новой технологии, связанной с привнесением качественно новых видов риска. Достаточно оглянуться в прошлое, чтобы найти множество примеров, подтверждающих это, начиная от противников возведения каменных домов в Москве, противодействия промышеленному внедрению пара, электричества, и т. д. Человек считает приемлемым привычный риск традиционных видов производств, в том чмсле и тепловой энергетики, которые в ряде случаев значительно превышают величину риска новой технологии. Психологическая корреляция общественное мнение – индивидуум – риск – польза – вред чрезвычайно сложна и неоднозначна.

Вообще говоря, люди не логичны по отношению к риску,о котором они знают или могут ожидать. Например, в Швеции каждый год гибнет в автомобильных катастрофах около 1200 человек и около 20000 бывают серьезно ранены. Но это принимается обществом как должное, как необходимая жертва и автомобильная катастрофа со смертельным может быть в лучшем случае описана в коротком газатном сообщении. Природа человеческой осторожности, совмещенная с мыслями об атомной бомбе и случаями аварий на АЭС, ответственна за туэмоциональную реакцию на риск, которая возникает у людей при обсуждении ядерной энергетики, а крайние позиции в оценке посдедствий аварии на ЧАЭС еще более усугубляют ситуацию. В таблице (3) представлена сравнительная оценка риска внезапной смерти от различных причин, связанных с деятельностью человека.

Таблица № 3

Оценка количества внезапных смертельных случаев в США в 1973 г.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Причина смерти | Число смертей в год | Вероятность смерти за год | Риск смерти, чел. в год |
| Рак:  фон. облучение,  полеты в самолете и др.  медицинская радиодиагностика  и радиотерапия  деятельность ядерной прмышленности  другие случаи, не связанные с радиацией | 7200  3300  3  398500 | 1 : 30000  1 : 65000  1 : 7·107  1 : 530 | 3,3 · 10-5  1,5 ·10-5  1,4 · 10-8  1,9 · 10-3 |
| Загрязнение воздуха | 20000 | 1 : 1·10 4 | 1,0 ·10-4 |
| Авиационные катастрофы | 1778 | 1 : 1,2·10 4 | 8,3 · 10-6 |
| Железнодоро-  жные катастрофы | 798 | 1 : 2,6·10 4 | 3,8 · 10-6 |
| Аварии на ядерных реакторах |  | 1 : 5·109 | 2,0·10-10 |

Воидно, что вероятность внезапной смерти от работы 100 АЭС в 10 тыс. раз меньше,чем смерти в авиакатастрофах, и в 1 млн. разменьше, чем в автокатастрофах. Риск смертиот выброов ТЭС в 400 раз выше,чем от АЭС. Из среднегодовой общей смертности от рака в США из 400 тыс. человек в результате деятельности АЭС, возможно умирают 3 человека.

Основными аргументами против ядерной энергетики являются аварии АЭС и проблемы захоронения радиоактивных отходов. Примеры аварий АЭС в мире не однозначны длы принятия отрицательного решения. Аварии на АЭС случаются от элементарной халатности.

Как показывает практика поизводственной деятельности человека, риск аварий при производстве энергии из нефти, газа, угля и даже гидростанций в сотни и тысячи раз больше, чем при получении электроэнергии от АЭС.

Сложной является проблема захоронения и хранения радиоактивных отходов ядерной промышленности. Она существует и решается специалистами всего мира. В руках противников использования ядерной энергии в мирных целях она служит доказательством безвыходного положения, при котором единственным правильным решением является отказ от дальнейшего использования и развития ядерной энергетики. В равной степени сторонники развития ядерной энергетики могут доказывать противоположное: захоронение радиоактивных отходов не опасно для общества. То, что отходы высококонцентрированны (отходы при производстве электроэнергии на одного человека в год представляют по размерам таблетку аспирина), является даже преимуществом, так как в этом случае их достаточно легко отделить и хранить в безопасных местах. Исследования показали, что вероятность серьезных аварий на реакторах АЭС мала ( оценки проводились для реакторов корпусного типа).

С другими источниками энергии вероятность крупных инциндентов гораздо больше главным образом потому, что вопросам безопасности на этих объектах уделяется меньше внимания, чем в атомной промышленности. Это можно проиллюстрировать примерами.

Сжиженный газ и нефть транспортируются мощными танкерами по всему миру

По мнению Международной комиссии по радиологической защите целью радиационной защиты является обеспечение защиты от вредного воздействия ионизирующих излучений отдельных индивидуумов, их потомства и человечества в целом и в то же время создание соответствующих условий для необходимой практической деятельности человека, во время которой возможно воздействие ионизирующих излучений.

Воздействие ионизирующих излучений на организм приводит к последствиям соматической и генетической природы. Соматические эффекты проявляются непосредственно у человека, подвергающегося облучению, а генетические – у его потомков. Соматические эффекты могут быть ранними (возникающими в период от нескольких минут до 60 суток после облучения) и отдаленными (соматико - стохастическими: увеличение частоты злокачественных новообразований, увеличение частоты катаракт, общее неспецифическое сокращение жизни).

Конкретной целью радиационной защиты является предупреждение вредных нестохастических эффектов и ограничение частоты соматико-стохастических эффектов до уровня, считающегося приемлемым. Нестохастические эффекты могут быть устранены установлением достаточно низкого предела эквивалентной дозы таким образом, чтобы минимальная доза, способная вызвать повреждения, не была достигнута в результате трудовой деятельности человека.

Для ближайшего будущего разумный метод определения приемлемости риска при работе, связанной с источниками излучений, заключается в сравнении этого риска с риском при работе в других областях деятельности, которые признаются минимально безопасными.

Оценка риска от АЭС и ТЭС

Безопасность любой технологии – понятие относительное. Она связана с другими видами технологии, лицами, районами, периодами времени. Основными вероятными причинами технологического риска ядерной энергетики являются:

а) неправильное хранение высокоактивных ядерных отходов;

б) катастрофические аварии, в основном ядерных реакторов;

в) действие низкоактивных выбросов во время нормальной эксплуатации на различных этапах ядерного топливного цикла;

г) вероятностные аварии на заводах по переработке облученного топлива;

д) нарушение технологической дисциплины.

Обычные выбросы низкой активности с АЭС приносят мало вреда, особенно если их сравнить с ущербом, наносимым окружающей среде и здоровью при сжигании ископаемых видов топлива. Наибольшую опасность будет, вероятно представлять добыча и обработка урана, если этот уран использовать в легководных реакторах, - примерно 70 смертных случаев в год на 400 ГВт, производимых на АЭС. Что касается быстрых реакторов, то требования по добыче и обработке руды здесь в 70 раз меньшие. Эти цифры находятся в ярком контрасте с последними оценками смертных случаев, связанных с использованием угля без серной очистки, количество смертельных случаев составило 8 – 40 тыс. в год и вероятно, 1 – 4 тыс. в год при условии жесткого контроля существующих норм выбросов. Такая статистика не дает четкой картины причин смертности, но эффект сравнения, без сомнения, существенен.

Для оценки последствий воздействия на организм различных вредных факторов, в том числе и ионизирующего излучения, предполагается, в частности, использовать «величину здоровья», которая является интегрированным показателем таких параметров, как продолжительность жизни, продолжительность физической и умственной работоспособности, воспроизводство поколений и самочувствие.

Научной основой, на которой базируется трактовка радиационной безопасности, является признание беспороговости действия излучения, т.е. предполагается, что сколь угодно малая доза излучения, включая естественный фон, может вызвать определенные изменения в организме. Концепция линейной зависимости доза – эффект постулирует, что не может быть такой пороговой дозы, ниже которой не индуцируется рак. Однако при эпидемиологическом анализе этой зависимости следует иметь ввиду, что радиогенные формы рака не отличаются по клинической, морфологической картине рака, индуцируемого любыми другими патогенными факторами. Поэтому для корректной оценки этой зависимости и получения статистически достоверных данных требуется достаточно большая выборка, т.к. количества индуцированных случаев рака изменяется пропорционально дозе, а численность обследуемых будет изменяться обратно пропорционально квадрату этой дозы. Если при дозе 100 рад риск индуцируемого рака в каком-либо органе с достаточной степенью точности может быть оценен в группе 100 человек, то для определения риска с равной достоверностью при дозе облучения до 1 рад потребуется изучение до 1млн индивидов. Во всех случаях биологические последствия прямо пропорциональны поглощенной дозе и числу облученных людей.

Концепция беспороговости действия ионизирующего излучения и линейной зависимости в развитии биологических эффектов является ныне наиболее приемлемой и обоснованной при нормировании радиационных воздействий как для профессиональных работников, так и для всего населения. Вместе с тем признание представления о беспороговости действия излучения и линейной зависимости доза – эффект вынуждает пересмотреть взгляды о полной безвредности установленных норм излучения и порождает новую проблему – соотношение риска для населения с социально-экономической выгодой. Так как проявления облучения в малых дозах носят стохастический характер и не могут быть выявлены на уровне индивидуума, введено понятие доза – эффект для популяции. Популяционная доза представляет собой сумму индивидуальных доз и отражает степень радиационной опасности для всего населения в противоположность индивидуальной дозе, являющейся показателем риска для отдельного индивидуума этой популяции. При определении популяционной дозы оправдано стремление к тому, чтобы она удерживалась «так низко, как это разумно при учете социальных и экономических условий» (МКРЗ).

Оценка коллективной дозы требует не только дифференцированного подхода к группам населения (профессиональные работники, отдельные группы населения и все население), но и учета действия на них различного спектра изотопов на каждой стадии ядерного цикла: более широкого на профессиональных сотрудников и меньшего на все население в силу распада короткоживущих нуклидов. С ростом масштабов развития ядерной энергетики в мире увеличивается вклад воздействия излучения на все население в результате попадания радионуклидов в окружающую среду. Её оценка учитывает попадание и распределение в окружающей среде радионуклидов всего ядерного топливного цикла и требует широкого международного сотрудничества.

Учитывая как рост источников возможного выброса радионуклидов в окружающую среду, так и количество населения, подвергающегося их воздействию, уже сейчас представляется необходимым рассмотреть вопрос о распределении предела доз на население по источникам.

В СП АЭС – 79 от предела дозы облучения населения излучением радиоактивным отходам АЭС выделена дозовая квота, составляющая 5%, в том числе 4% за счет газоаэрозольных выбросов и 1% за счет жидких радиоактивных отходов, от допустимого предела дозы для лиц категории Б (ограниченной части населения), составляющей 5 мбэр·год-1. Этим существенно снижается возможность неблагоприятных стохастических эффектов в результате развития ядерной энергетики.

В соответствии с концепцией биологического риска радиационные повреждения при действии излучения на организм могут проявиться в виде соматических, соматико-стохастических и генетических заболеваний. Соматические эффекты представляют собой различные формы лучевой патологии и локальные лучевые поражения, возникающие при действии на организм излучения в диапазоне 50 – 100 рад и выше. К числу соматическо-стохастических изменений относятся сокращение продолжительности жизни, лейкозы и неопластические процессы, проявляемость которых носит вероятностный характер.

Выброс в окружающую среду искусственных радионуклидов, представляющих собой в большинстве случаев сильные мутагены, приводит к накоплению дефектов в различных сообществах и генетических аномалий в последующих поколениях. Следствием является возникновение широчайшего спектра изменений жизнедеятельности организмов - от её повышения до появления летальных мутаций. По мнению некоторых учёных, все генетические изменения обусловлены действием естественной радиации. Н.П. Дубинин считает, что естественный радиоактивный фон ответственен за ¼ часть общего числа естественных мутаций. Большинство мутаций, возникающих при действии ионизирующего излучения, рецессивно. Они проявляются лишь в гомозиготном состоянии, а так как мутированный ген половых клеток передаётся потомству, происходит постепенное накопление генетического груза в последующих поколениях с возрастанием вероятности его проявления в гомозиготном состоянии. Локальные выбросы радионуклидов в регионы с последующим глобальным их распространением их в атмосфере повышают радиационный фон, включаются в пищевые цепи и, накапливаясь в организме, вызывают дополнительные соматические и генетические повреждения.

По данным Н.П. Дубинина, возможная минимальная удваивающая доза для редко ионизирующего излучения составляет 10 рад. При этом добавление к ней 1 рад за 20 лет для населения Земли в 3 млрд. человек приведёт к генетическим повреждениям у 12 млн. человек. Генетические эффекты были оценены по результатам экспериментальных исследований на животных и экстраполяции полученных данных на человека. Например, при облучении дозой в 1 рад число видимых мутаций на 1 млн. потомков в первом поколении увеличится, исходя из удваивающей дозы в 20 рад, на 0,2%. Риск проявления любого из этих последствий зависит от дозы воздействия, её мощности, вида излучения, динамики облучения, состояния организма в момент облучения может варьировать от полного отсутствия каких-либо изменений до гибели облученных организмов. Суммарные данные о возможном риске заболевания злокачественными новообразованиями при облучении представлены в таблице 1.

Атомная энергетика относится к искусственной среде обитания (загрязнение окружающей среды радиоактивными отходами). Оценить риск от развития атомной энергетики можно при сравнении воздействия других факторов среды обитания искусственного происхождения. При дозе на границе АЭС 5мбэр/год и условии, что радиационное воздействие продолжается на протяжении жизни, общий риск возможной смерти выражается величиной в 3·10-7 чел\год. Сравнение данной величины с риском от других причин показывает, что он чрезвычайно мал. Анализ статистических данных позволяет заключить, что социально приемлемым профессиональным риском при длительном воздействии оказывается уровень 5·10-4 чел/год. Эта величина соответствует смерти от болезней людей в возрасте не более 30 лет и рассматривается в качестве приемлемой для общества.

Приведённые данные радиационных нагрузок на организм в результате выбросов ядерной энергетики позволяет считать её более безопасной по сравнению с уровнем риска при производстве электроэнергии тепловыми электростанциями на органическом топливе.

В СССР на долю угольных станций приходилось около 50% всех источников электроснабжения и около 2/5 потребляемого органического топлива расходуется на выработку электроэнергии. Предполагается, что это соотношение не претерпит крупных изменений в ближайшем будущем.

Таблица 1

**Ожидаемые размеры риска заболевания злокачественными новообразованиями при облучении.**

|  |  |
| --- | --- |
| ОРГАН | Риск заболевания при облучении дозой 1бэр/год \* |
| Все органы и системы | 180 |
| Костный мозг, легкие, желудок | 30 |
| Грудная железа, поджелудочная железа, органы мочевой системы, центральная нервная система | 10 |
| Щитовидная железа, кожа, кости | 5 |

**\***Число случаев на 1 млн. человек.

В связи с радиационным воздействием ядерной энергетики на окружающую среду были выполнены обширные исследования по определению аналогичных воздействий естественных радионуклидов, выбрасываемых в атмосферу ТЭС. Анализ радиационных нагрузок на население современных ТЭС и АЭС, выполненный на примере Каменско-Днепровской ТЭС и Нововоронежской АЭС, с учетом 20-летней работы станций и того, что содержание естественных радионуклидов в отечественных углях составляет 0,2 – 14 пКи/г, показал несомненное преимущество АЭС. КДТЭС потребляет 3,4 млн. тонн угля в год и выбрасывает в атмосферу до 1,3·105 тонн золы. Сравнительные данные по величинам дозовых нагрузок на население вокруг АЭС и ТЭС, а так же на всё население страны свидетельствуют о большей радиационной чистоте АЭС. Риск радиационного канцерогенеза для населения, которое проживает в районе расположения АЭС, в 70 раз меньше риска для населения, проживающего вокруг ТЭС аналогичной мощности, и в 30 раз для всего населения.

Аналогичное исследование было выполнено для условий США. Содержание основных радионуклидов (урана и тория) в углях США составляет 0,2 – 43 мкг/г урана и 2 – 79 мкг/г тория. Для расчета дозовых нагрузок была принята величина в 1 мкг/г для урана и 2 мкг/г для тория. Допущено, что зольные выбросы в атмосферу не превышают 1% от их содержания в угле. Как оказалось, популяционная доза от ТЭС, значительно выше, чем от АЭС. По расчетным данным, вклад тепловых электростанций США в общее загрязнение атмосферы составляет 36%.

Многочисленные эксперименты свидетельствуют, что химические соединения, в том числе и выбросы ТЭС, при сопоставлении с радионуклидами на уровнях допустимых содержаний обладают более выраженным токсическим действием. Во всех случаях коэффициент запаса для химических соединений в сотни раз ниже по сравнению с радионуклидами. Сравнение действия метиловой и двухлористой ртути, свинца, кобальта, цинка, стронция, хлорофоса, гексаметилендиамина и радиоизотопов (радия-226, цезия-137, стронция-89, кобальта-60, цинка-65, свинца и полония-210) показало, что химические соединения при концентрациях 100 ПДК уменьшали процессы естественного очищения водоёмов и были губительны для большинства гидробионтов. При 100 – 1000-кратном повышении содержания химического соединения в воде во всех случаях нарушались процессы естественного самоочищения водоёмов, в 70 – 100% наблюдалась гибель инфузорий, улиток, головастиков, икры и личинок пресноводных рыб. Аналогичное разрушение при действии радионуклидов имело место лишь при 10 – 1000-тысячном превышении их ПДК. Определение биологических эффектов при действии этих химических соединений и радионуклидов на течение эстрального цикла крыс показало, что клинические изменения в первом случае проявляются на уровне 100 – 1000 ПДК, а во втором – при 105 – 106-кратном его превышении. При анализе динамики мутационного процесса в популяциях хлореллы при действии продуктов ядерного деления (стронций, цезий) и химического мутагена этиленимина было выявлено, что ЭИ даёт больше видимых мутаций.

Сравнительная оценка действия на организм химических соединений и радионуклидов была получена при анализе их действия на продолжительность жизни. Радионуклиды стронция, полония, радия и их стабильные аналоги оказывали равнозначные биологические эффекты в сокращении продолжительности жизни с разностью на 2 – 3 порядка в показателях ПДК. Во всех случаях для достижения эквивалентного эффекта требовалось большее превышение нормативов для радионуклидов по сравнению с химическими соединениями.

ТЭС – один из основных загрязнителей атмосферы. Уровень индустриализации и концентрации промышленных объектов, их промышленные территориальная плотность прямо коррелирует с частотой новообразований в организме. За последние 30 – 40 лет в странах с интенсивным промышленным развитием частота рака легких увеличилась в 2 – 5 раз и более. В этой связи комитет экспертов ВОЗ по профилактике рака заключил, что загрязнение атмосферного воздуха является важнейшим причинным фактором в возникновении рака лёгких у человека. Эпидемиологические данные указывают на неуклонное увеличение частоты рака лёгких в городах по сравнению с сельской местностью, что не может быть отнесено за счёт большего или меньшего распространения курения. Сравнение относительной безопасности газообразных отходов лишний раз подтверждает преимущества АЭС по сравнению с ТЭС при воздействии на организм человека.

Анализ совокупности воздействия нескольких вредных факторов ТЭС весьма сложен из-за неопределённости в описании зависимости доза – эффект, так как не всегда достаточно корректно удаётся установить удельный вклад каждого из них в ответную реакцию организма, особенно в реализацию отдельных эффектов, и экстраполяцию экспериментальных данных с животных на человека. Абсолютная и относительная концентрация, длительность и порядок воздействия ещё в большей степени усложняют картину комбинированных воздействий, так как возможны различные варианты интеграции сочетанного действия патогенных факторов: усиление эффекта при таком воздействии, отсутствие или торможение эффекта одного из действующих агентов при их совместном влиянии, ослабление суммарного эффекта, а так же независимость в действии каждого из них.

Недостаточная оценка комбинированных воздействий и возможность их взаимного влияния на фенотипическую картину патологического процесса при некоторых обстоятельствах могут породить преувеличение опасности и завышение допустимых норм в силу того, что корреляционная доза – эффект может детерминироваться отягчающим влиянием дополнительных факторов, действие которых проявляется синергизмом по отношению к анализируемому агенту. Поэтому в основу методологических подходов оценки многофакторных воздействий на организм должен быть положен принцип единства организма и среды. Это феномены саморегуляции организма, гомеостаза, адаптации и интеграции функциональных отправлений организма при воздействии на него отрицательных факторов внешней среды. В частности, необходимо учитывать порядок действия факторов и их пространственно временные характеристики; длительность воздействия каждого и физико-химические характеристики; принимать во внимание степень воздействия и направленность изменений в различных системах одного и того же организма при данном сочетанном воздействии, интегральную направленность реакций организма в зависимости от вида воздействия и течение репаративных процессов в органах и системах.

В отличии от ТЭС современные АЭС при штатной эксплуатации не меняют радиационную обстановку в зонах их расположения. Опыт работы АЭС в нашей стране, выполнение санитарно-технических требований при проектировании, строительстве и эксплуатации сохраняют радиационную обстановку в зоне их расположения на уровне предпускового периода, позволяя использовать санитарно-защитную зону АЭС для нужд сельского хозяйства. Например, на территории вокруг Белоярской АЭС усредненное значение дозы облучения в 1970 г. составляло 123±5 мрад/год, в 1972 – 1973 г.г. - 128±5 мрад/год; вокруг Нововоронежской АЭС в 1971 г. - 95±3 мрад/год, в 1972 г. - 95±4 мрад/год. Значение дозы на местности в контрольных районах равнялось 115±2 мрад/год (в областном городе). Длительное наблюдение за здоровьем персонала, работающего в зоне строгого режима, не выявило у них каких-либо заболеваний, отличных от таковых у лиц, не связанных с ионизирующим излучением, и за 10 лет эксплуатации АЭС не выявлено ни одного случая профессионального заболевания радиационной природы. Сравнительный анализ влияния ионизирующего излучения и атмосферных загрязнителей показал, что расчетный риск от отходов ядерной энергетики не превышает процента риска, связанного с предельными дозами, рекомендованными МКРЗ.

Расчетные данные коллективных доз облучения населения страны в результате развития ядерной энергетики при достижении ею суммарной мощности порядка 200 ГВт (эл.) составляют 22 чел-Зв/год, что эквивалентно дозе облучения населения страны, которое оно получает от естественного фона всего за 40 мин.

Таблица 2

**Годовые дозы на душу населения в результате производства ядерной электроэнергии вплоть до 2500 г.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Показатель** | **Год** | | | |
| **1980** | **2000** | **2100** | **2500** |
| Предполагаемое годовое производство ядерной электроэнергии, ГВт(эл.)⋅год | 80 | 1⋅103 | 1⋅104 | 1⋅104 |
| Годовая коллективная эффективная эквивалентная доза, чел-Зв | 500 | 1⋅104 | 2⋅105 | 25⋅104 |
| Население земного шара | 4⋅109 | 1⋅1010 | 1⋅1010 | 1⋅1010 |
| Годовые эффективные эквивалентные дозы на душу населения, мкЗв | 0,1 | 1 | 20 | 25 |
| Доля от среднего облучения природными источниками, % | 0,005 | 0,05 | 1 | 1 |

Таблица 3

**Сравнительная оценка воздействия на развитие рака лёгких выбросов АЭС и ТЭС (бензпирена) на 1 млн. населения**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Характер воздействия** | **Вид риска** | **Общее количество смертей на 1 млн. от риска** | **Вклад воздействия (графа 1)** | **Процент смерти от различных воздействий** |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Доза 5 мбэр/год от АЭС на границе санитарной зоны | Рак, лейкемия | 1500\* | 1 | 0,06 |
| Бензпирен в воздухе городов | Рак лёгких (при увеличении на 1нг/м3) | 8677\*\* | 48 | 5,5 |
| Выбросы ТЭС | Рак лёгких (увеличение на 1 т. потребляемого угля на человека) | 750\* | 145 | 19,0 |
| Все воздушные выбросы | Рак лёгких | 1050\*\* | 425 | 41,9 |

\* Количество смертей от рака на 1 млн. жителей в год.

\*\* Количество смертей от рака лёгких в европейских странах и США на 1970 г.

Таблица 4

**Сравнительные оценки общего ущерба здоровью от ядерного и угольного топливных циклов при получении 1000 МВт(эл.)⋅год**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вид ущерба** | **Общий ущерб от всех причин** | |
| **ЯТЦ** | **УТЦ\*** |
| Число случаев преждевременной смерти | 1,0 | 370(20 – 600) |
| Число случаев, приводящих к инвалидности | 7,0 | 500(200 – 800) |
| Общее сокращение продолжительности жизни, чел-лет | 30 | 2⋅104 |
| Общие потери трудоспособности, чел-лет | 20 | 1⋅104 |

\* Без учёта возможного ущерба здоровью от нераковых заболеваний, вызываемых неканцерогенными компонентами выбросов ТЭС (окислы, микроэлементы и др.)

Аналогичные расчёты были выполнены НКДАР для населения земного шара. Возможный глобальный долгосрочный риск для человечества был оценён исходя из пессимистических предположений, что существующие уровни радиоактивных выбросов и сбросов в окружающую среду сохранятся в течение 500 лет. При этих максимальных гипотетических допущениях за счёт постоянного производства электроэнергии ядерными источниками облучение человечества радиоактивными отходами ядерных энергетических производств не превысит 1% от облучения естественными источниками ионизирующего излучения (таблица 2). В то же время содержание в воздухе промышленных городов 3,4-бонзпирена достигает величин, создающих риск, в 100 раз больший риска от излучения (таблица 3). Следует так же отметить, что сравнение радиационных воздействий ТЭС и АЭС не всегда достаточно корректно, так как порою они оцениваются за различные периоды времени. Выполненные расчёты по полным топливным циклам АЭС и ТЭС позволяют рассматривать ядерную энергетику при безаварийной работе как одно из самых чистых и безопасных для профессиональных работников и населения производств.

Учитывая «за» и «против» развития мирного использования атомной энергии, комитет экспертов ВОЗ выработал следующий постулат методологического подхода к оценке негативных последствий этого процесса: «Целью эффективной рациональной программы радиационной защиты является не просто снижение радиационной опасности за счет сокращения источников облучения. Решение проблемы заключается в уравновешивании опасности вредного воздействия и преимуществ использования ионизирующих излучений в интересах человека. Уровень неизбежного воздействия должен быть настолько низким, чтобы его можно было бы не принимать во внимание на фоне аналогичных вредностей, обычных в условиях современного цивилизованного общества».

Мировой опыт эксплуатации АЭС свидетельствует, что радиоактивные выбросы АЭС при нормальной работе создают дозу облучения, составляющую доли процента от облучения естественным радиоактивным фоном. Этот вклад практически не обнаруживается на фоне загрязнения биосферы глобальными выпадениями в результате испытания ядерного оружия.

Вместе с тем, следует признать, что беспрецедентная по масштабам катастрофа на Чернобыльской АЭС нанесла труднопоправимый ущерб планам развития ядерной энергетики. Длительность радиационного последействия аварии за счёт нахождения в окружающей среде радионуклидов с большими периодами полураспада, противоречивость оценок медико-биологических последствий аварии в публикациях, медлительность в реализации мероприятий по ликвидации последствий аварий – причина особо негативного отношения к этому виду энергетики со стороны населения.

Для оценки воздействия излучения применяют так называемый параметр риска R , равный средней индивидуальной вероятности смерти в результате облучения в дозе 10 . Между параметром риска и ожидаемым числом случаев смерти n существует простая связь:



.



Параметр риска в зависимости от типа отдаленных последствий колеблется в широких пределах и составляет :



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Виды отдаленных последствий | Параметр риска R | Виды отдаленных последствий | Параметр риска R  () |
| Лейкемия  Рак щитовидной железы  Опухоли костной ткани  Опухоли легких |  | Опухоли других органов и тканей  Все злокачественные опухоли  Наследственные дефекты |  |

Если известна коллективная доза облучения, то ожидаемое полное число случаев смерти на всю профессиональную группу определяется по формуле .



ПО современным оценкам средняя годовая смертность от профессиональных причин, включая несчастные случаи на производствах, не превышает случаев в год. Вероятность возникновения отрицательных эффектов у персонала, осуществляющего транспортировку радиоактивных отходов, составит случаев в год, для рабочих по переработке - случаев в год, для дезактиваторщиков - случаев в год, для дозиметристов -случаев в год.



По данным Е.Е. Ковалева, условия профессиональной деятельности персонала, осуществляющего работы по всему технологическому циклу, относятся к категории безопасных, если риск возникновения отрицательных эффектов менее случаев в год.



Таким образом, условия профессиональной деятельности работников, занятых переработкой радиоактивных отходов, можно отнести к категории безопасных.

Анализ радиационной обстановки на рабочих местах и в производственных помещениях, а также результаты многолетних наблюдений за содержанием радионуклидов в организме персонала показывают, что внутреннее облучение не вносит заметного вклада в суммарную дозу облучения и не превышает 1%.

Оценка облучения отдельных лиц из населения, проживающих вокруг площадки захоронения радиоактивных отходов, проведенная с помощью экзоэмиссионных дозиметров, показала, что годовые эквивалентные дозы указанной категории лиц менее 1 , что не превышает среднегодовой дозы облучения «всего тела» естественными источниками излучений (2).



Таблица №1.

# Расчетные годовые эффективно-эквивалентные дозы облучения от естественных источников ионизирующих излучений.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Источник | Внешнее облучение | Внутреннее облучение | Сумма |
| Космическое излучение  Космогенные нуклиды  Естественные нуклиды:  40K  87Rb  222Rn  226Ra  Итого | 0,3  -    0,12  -  0,09  0,14    0,65 | -    0,015  0,018  0,006  0,95  0,19  1,34 | 0,3  0,015  0,138  0,006  1,04  0,33  1,99 |

Соболев И.А.,Коренков И. П., Хомчик Л. М., Проказова Л. М..

Охрана окружающей среды при обезвреживании радиоактивных отходов.: Энергоатомиздат, 1989.-168 с.)

Токсичные вещества в топливе и дымовых газах.

Токсичными (вредными) называются химические соединения, отрицательно влияющие на здоровье человека и животных. Вид топлива влияет на состав образующихся при его сжигании вредных веществ. На электростанциях используют твердое, жидкое и газообразное топливо. Основными вредными веществами, содержащимися в дымовых газах котлов, являются: оксиды **Модернизация или остановка?**

Чернобыльская авария резко изменила отношение населения к атомной энергетике. Прекращено строительство энергоблоков на Ростовской, Башкирской, Костромской и некоторых других АЭС. Сложное положение с действующими АЭС наряду с проведением мероприятий по их замене другими электростанциями.

Наибольшее опасение вызывают энергетические реакторы 1-го поколения, к которым относится ВВЭР-440 на Кольской и Нововоронежской и РБМК-1000 на Курской и Ленинградской АЭС. Они проектировались более 20 лет назад, и ине удовлетворяют современным, более жестким,чем ранее, нормативам безопасности.

Вероятность повреждения активной зоны и сверхнормативного выброса радиоактивности у них более высокая.

По оценкам большинства специалистов безопасность Российских реакторов находится на среднемировом уровне. Но имеется другая точка зрения на проблему безопасности работающих в России АЭС. В нашей стране и на Западе выдвигаются предложения досрочного прекращения эксплуатации ряда реакторов ( и не только первого поколения, но и остальных РБМК ) уже в ближайшем будущем. Но в этом случае уменьшение выработки электроэнергии АЭС окажет значительное влияние на ТЭК страны. Несмотря на небольшой вклад атомной энергетики в общее электропроизводство (около 11%) в электроснабжении некоторых районов некоторых регионов страны, АЭС играет очень важную роль.

В связи с экономическим кризисом и спадом производства электроснабжение снижается и судя по прогнозам, в 2000 году не достигнет уровня 1990 года. Однако в последующий период ожидается значительный рост электропотребления (на 15-20 % в 2010 году по сравнению с 1990 годом). Следовательно при определении затрат, необходимых для замещения АЭС нельзя ограничиваться периодом в несколько ближайших лет.

К тому же для замены АЭС будут использоваться ТЭС не только на природном газе с ГТУ и ПГУ.Серийное производство этого оборудования в России пока не налажено. Кроме того наряду с природным газом придётся использовать уголь, АЭС значит развивать его добычу и транспорт, АЭС так же накладывать дополнительную экологическую нагрузку к уже существующей.

Одним из источников повышенного уровня облучения является сжигание угля на ТЭС продукты сгорания в газообразном виде и в виде аэрозольных частиц выбрасывается в атмосферу. Концентрация активности в угле колеблется в довольно широких пределах. Обычно она принимается равной 50 Бк/кг – К40, 20 Бк/кг – U238 и Th232, и все продукты распада урана и тория находятся с ним в радиоактивном равновесии.

Исследования, проведённые на ТЭС, работающих на угле, позволяют принять характерные значения концентрации р.н. в летучей золе, Бк/кг:

240 – Ra226;

140 – Ra228;

110 – Th228;

70 – Th232;

200 – U238;

930 – Pb210;

!700 – Po210;

265 – K40;

Согласно современным оценкам производство 1ГВт эл./год можно оценить ожидаемую эквивалентную дозу от всех работающих на угле электростанций во всём мире в 2000 человек. – Зв.

В России на угольных ТЭС с коэффициентом улавливания пыли 70 – 80% при потреблении 3⋅103 т. угля для выработки 1 МВт энергии выбросы золы составят 100 т. При равномерном распределении этого количества золы в радиусе 15 – 20 км индивидуальная эквивалентная доза на население составляет мкЗв/год:

5 - на всё тело;

150- красный костный мозг;

410 – лёгкие.(10)

Оказалось, Что для компенсации недовыработки АЭС придется на уже работающих ТЭС сжигать дополнительно 20 млн.т.у.т./год, в основном природного газа.

В последующий период (2000 – 2010 г.г.) вместо выбывших ранее АЭС будут вводится новые ТЭС мощностью 6 – 7 ГВт/год.

Итоговые оценки стоимости остановочного вывода АЭС (таблица 3) показывают, что связанные с этим потери весьма значительны. Потребуются большие затраты на развитие топливной базы и транспорта. Тогда как сырьевая и транспортная база для АЭС в стране хорошо развита. Затраты же на повышение безопасности АЭС как видно из таблицы 3 оказываются существенно меньше.

Таблица 3

Дополнительные затраты в случае вывода АЭС (млрд.долл.)\*

|  |  |
| --- | --- |
| Капиталовложения | 10 – 13,5 |
| В том числе:  В ТЭС | 9,4 – 10,3 |
| В топливные базы и транспорт | 0,6 – 3,5 |
| В повышение безопасности | 0,7 |
| Затраты на топливо | 9,5 – 12 |

Заключение

Неоспорима роль энергии в поддержании и дальней­шем развитии цивилизации. В современном обществе трудно найти хотя бы одну область человеческой дея­тельности, которая не требовала бы – прямо или кос­венно – больше энергии, чем ее могут дать мускулы человека.

Потребление энергии – важный показатель жизнен­ного уровня. В те времена, когда человек добывал пи­щу, собирая лесные плоды и охотясь на животных, ему требовалось в сутки около 8 МДж энергии. После овла­дения огнем эта величина возросла до 16 МДж: в при­митивном сельскохозяйственном обществе она составля­ла 50 МДж, а в более развитом – 100 МДж.

За время существования нашей цивилизации много раз происходила смена традиционных источников энергии на новые, более совершенные. И не потому, что старый источник был исчерпан.

Солнце светило и обогревало человека всегда: и тем не менее однажды люди приручили огонь, начали жечь древесину. Затем древесина уступила место каменному углю. Запасы древесины казались безграничными, но паровые машины требовали более калорийного "корма".

Но и это был лишь этап. Уголь вскоре уступает свое лидерство на энергетическом рынке нефти.

И вот новый виток в наши дни ведущими видами топлива пока остаются нефть и газ. Но за каждым новым кубометром газа или тонной нефти нужно идти все дальше на север или восток, зарываться все глубже в землю. Немудрено, что нефть и газ будут с каждым годом стоить нам все дороже.

Замена? Нужен новый лидер энергетики. Им, несомненно, станут ядерные источники.

Запасы урана, если, скажем, сравнивать их с запасами угля, вроде бы не столь уж и велики. Но зато на единицу веса он содержит в себе энергии в миллионы раз больше, чем уголь.

А итог таков: при получении электроэнергии на АЭС нужно затратить, считается, в сто тысяч раз меньше средств и труда, чем при извлечении энергии из угля. И ядерное горючее приходит на смену нефти и углю... Всегда было так: следующий источник энергии был и более мощным. То была, если можно так выразиться, "воинствующая" линия энергетики.

В погоне за избытком энергии человек все глубже погружался в стихийный мир природных явлений и до какой-то поры не очень задумывался о последствиях своих дел и поступков.

Но времена изменились. Сейчас, в конце 20 века, начинается новый, значительный этап земной энергетики. Появилась энергетика "щадящая". Построенная так, чтобы человек не рубил сук, на котором он сидит. Заботился об охране уже сильно поврежденной биосферы.

Несомненно, в будущем параллельно с линией интенсивного развития энергетики получат широкие права гражданства и линия экстенсивная: рассредоточенные источники энергии не слишком большой мощности, но зато с высоким КПД, экологически чистые, удобные в обращении.

Рассказ об энергии может быть бесконечен, неисчислимы альтернативные формы ее использования при условии, что мы должны разработать для этого эффективные и экономичные методы. Не так важно, каково ваше мнение о нуждах энергетики, об источниках энергии, ее качестве, и себестоимости. Нам, по-видимому. следует лишь согласиться с тем, что сказал ученый мудрец, имя которого осталось неизвестным: "Нет простых решений, есть только разумный выбор".

Проведенный анализ динамики риска смерти за последние десятилетия для отдельных видов профессиональной деятельности, обусловленных искусственной средой обитания, показывает, что риск практически не изменился, в то время как масштабы человеческой деятельности человека за этот период значительно возросли. Так, риск смерти от всех несчастных случаев в 1903-1912 годах составлял 8,6⋅10-4 на человека в год, а с 1969 года 5.5⋅10-4 на человека в год.

Таким образом, ставшийся практически неизменным уровень риска в течение продолжительного времени, несмотря на расширение производства и совершенствования технологии, свидетельствует о том, что общество может мириться с ним на данном этапе развития, учитывая пользу, которую оно извлекает от данной профессиональной деятельности. Поэтому, сложившийся в определенной мере стихийно уровень риска можно рассматривать как социально приемлемый на данном этапе.

Существующие условия риска сложились путем исключения других источников риска, а также с оценкой социально-значимой выгоды, которую дает основная техника.

При анализе зависимости польза – вред и концепции риска необходимо исходить из нескольких постулатов, основными из которых являются, во-первых, понимание того, что всякая деятельность человека, в том числе и использование атомной энергии включает в себя определенный риск. Разработка любой новой технологии должна принимать во внимание при ожидаемых преимуществах и порождаемый ею вред. Риск, не дающий выгод, не приемлем. При возможности необходимо стремиться к полезному использованию отходов производства, загрязняющих окружающую среду, что повышает выгоду. В конечном итоге эти требования можно представить следующими звеньями: выгоды планируемой технологии, уровень ее риска, и уровень риска альтернативных производств. В отношении атомной энергетики – это на современном этапе риск энергетических циклов на органическом топливе как доминирующего вида энергетики.