

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СТИМУЛЫ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В.И. Усанов*, В.С. Каграманян, Е.Н. Рачкова*****

**Международное агентство по атомной энергии, г. Вена*

***ГНЦ РФ-Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского, г. Обнинск*

****Московский государственный открытый университет, г. Москва*



Обсуждается расчетная модель, позволяющая получить количественную оценку антропогенного воздействия на природную среду энергоисточников и проанализировать сильные и слабые стороны каждого из них. Модель использована для проведения сравнительного экологического анализа нескольких энергоисточников с учетом их полного технологического цикла и потенциала природных ресурсов России. Исследование показало, что угольный и нефтяной топливные циклы наиболее сильно воздействуют на окружающую среду; цикл на природном газе и ветровая энергетика заняли промежуточное положение; наилучшими оказались солнечная и ядерная энергетика. «Центр тяжести» воздействия ЯТЦ смещен в сторону неорганических ресурсов, что является его важным экологическим преимуществом, так как следует ожидать, что именно в отношении воздействия на ресурсы биосферы будут приняты наиболее строгие ограничения в будущем. Таким образом, охрана здоровья и окружающей среды является важным стимулом развития ядерной энергетики.

Ключевые слова: устойчивое развитие, ядерные и неядерные энергоисточники, воздействие на окружающую среду, расчетная модель.

Key words: sustainable development, nuclear and non-nuclear energy sources, environmental impacts, comparative assessment model.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время глубина и значение экологических проблем, стоящих перед человечеством, в достаточной степени осознаются. Вопросы охраны окружающей среды вышли на международный уровень, и по некоторым признакам и развивающимся тенденциям можно предполагать, что их решение затронет основы мировой экономической системы. При всей многогранности и противоречивости происходящих в общественном сознании процессов достаточно отчетливо проявляется стремление к гармонизации социально-экономических и экологических интересов, к построению сбалансированной системы отношений между человеком

© В.И. Усанов, В.С. Каграманян, Е.Н. Рачкова, 2011

и природой, в полной мере отвечающей принципу коэволюции – совместного развития общества и биосферы.

В этой обстановке топливно-энергетический комплекс с его существенным и все возрастающим антропогенным воздействием в региональном и планетарном масштабах стал объектом пристального внимания, полем широкомасштабных экологических исследований и достаточно жестких законодательных и административных мер. В сложной ситуации правительства реализуют энергетические стратегии, которые сильно различаются между собой.

Отношение общественности к энергетическим технологиям в значительной степени определяется восприятием их безопасности. Весьма показательно, что в докладе Президенту США по итогам анализа экологической катастрофы в Мексиканском заливе ядерная энергетика была названа «лидером в обеспечении безопасности» в энергетическом секторе [1]. К сожалению, тяжелая авария на АЭС Фукусима-1 дает основания для новых дискуссий относительно безопасности ядерной энергетики и соответствующих решений. Признавая справедливость требований по повышению ядерной безопасности АЭС, не следует, однако, упускать из виду, что деятельность в этом направлении в конечном итоге позволит ответить на вопрос: какой должна быть ядерная энергетика, а не на вопрос: почему она необходима. Ответ на второй вопрос в значительной степени зависит от места, которое смогут занять ядерные энерготехнологии в обновлении ресурсной ниши человечества, их способности обеспечить значительную часть энергетических потребностей в рамках устойчивого развития системы «человек – окружающая среда».

РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ

На современном этапе развития общества усилилось понимание необходимости разностороннего взгляда на сложные природные и социальные процессы, и возникли объективные предпосылки для научной разработки соответствующей методологии. В ее основе лежит представление о том, что для построения адекватных моделей производственной деятельности необходимы не только оценка экономической эффективности, но и учет широкого круга факторов, определяющих ход чрезвычайно сложных явлений действительности.

При построении многофакторных моделей производственных систем разработки встретились с рядом принципиальных методических трудностей, главная из которых заключается в определении интегрального критерия оценки разнородных факторов. В данной работе развивается метод относительных ресурсных затрат, основанный на достаточно общем подходе [2, 3] и позволяющий дать консолидированную оценку результатам многофакторного анализа.

В рамках концепции относительных ресурсных затрат воздействие производственной системы на человека и природную среду определяется как сумма относительных изменений, происшедших в среде вследствие деятельности этой системы. Для расчета «техногенного воздействия» δv используется выражение

$$\delta v = \sum_i \frac{\delta q_i}{Q_i}, \quad (1)$$

где i – индекс фактора окружающей среды, по которому осуществляется воздействие; δq_i – величина эффекта воздействия по фактору i ; Q_i – годовой предел (квота) воздействия по фактору i .

Показатель (1) является безразмерным, что снимает проблему сравнения эффектов воздействия разной физической природы и их агрегирования. Для проведения расчетов относительных ресурсных затрат по каждому фактору необходи-

мо определить величину изменений, возникших в результате техногенного воздействия энергоисточника, и отнести ее к годовым пределам (квотам) допустимого изменения по этому фактору в системе, выбранной для исследования. В данной работе в качестве такой системы рассматривается топливно-энергетический комплекс (ТЭК) России.

Алгоритм вычисления относительных ресурсных затрат по формуле (1) достаточно прост, но его реализация сопряжена с получением и обработкой большого объема технических, медицинских, экологических и других данных [3,4 и др.]. В рамках статьи невозможно сколько-нибудь полно представить этот набор. Мы ограничимся рассмотрением нескольких ключевых характеристик, достаточных для понимания особенностей подхода и полученных результатов.

ЭФФЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ

ТЭК многих промышленно развитых стран, в том числе России, является самым большим источником загрязнения воздушного океана. В течение нескольких последних лет ежегодные выбросы ТЭК в атмосферу составляли в нашей стране около половины от общих выбросов. В таблице 1 приведены удельные выбросы загрязняющих веществ для нескольких топливных циклов [3, 5].

Таблица 1

**Удельные выбросы загрязняющих веществ
[3, 5], г/кВт·ч**

	SO _x	NO _x	CO	CO ₂	Пыль	Метан
Газ	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$6,0 \cdot 10^{-1}$	$3,0 \cdot 10^{-1}$	$6,8 \cdot 10^2$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	2,0
Нефть	$1,6 \cdot 10^1$	2,4	$5,0 \cdot 10^{-1}$	$8,2 \cdot 10^2$	$3,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{-1}$
Уголь	3,5	3,7	$5,0 \cdot 10^{-1}$	$9,3 \cdot 10^2$	6,0	3,0
Гидро	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	3,0	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
ОЯТЦ	$2,4 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	–	4,4	$4,1 \cdot 10^{-2}$	$6,0 \cdot 10^{-3}$
ЗЯТЦ	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	–	1,4	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$

Следует отметить, что неопределенность в оценке вредных выбросов весьма значительна, поскольку технический уровень предприятий топливного цикла существенно отличается. Кроме того, необходимо учесть все этапы топливного цикла, что само по себе является сложной задачей. В итоге погрешность данных, приведенных в табл. 1, лежит в широких пределах: от двух до десяти раз. Тем не менее, приведенные данные дают представление о составе и диапазоне выбросов загрязняющих веществ. Данные подобного рода используются для формирования источника загрязнения в расчетах с использованием методологии множественных путей воздействия или других методов расчета ущербов здоровью и окружающей среде. В таблице 2 приведены отдельные результаты таких расчетов.

В таблице 2 приведено число случаев смерти в угольном, газовом и ядерном топливном циклах в расчете на 1 ТВт·ч [3]. Показатели непосредственного риска смерти получены на основе статистических данных по травматизму и заболеваемости. Показатели отдаленного риска рассчитывались с использованием методологии множественных путей воздействия. Учитывался перенос радиоактивных и вредных химических веществ в атмосфере и гидросфере, их миграция в почве и в объектах окружающей среды, поступление в организм человека при дыхании и по пищевым цепочкам и, наконец, распространение и накопление в органах и тканях. В случае радиационного воздействия учитывалось также внешнее облучение.

Таблица 2

Число смертельных случаев на 1 ТВт·ч [3]

Источник риска	Тип риска	Уголь		Газ		ЯТЦ	
		Персонал	Население	Персонал	Население	Персонал	Население
Добыча	непоср. отдален.	$7 \cdot 10^{-1}$ $2 \cdot 10^{-1}$		$4 \cdot 10^{-2}$		$4 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-3}$
Перевозка по ж/д	непоср.	$2 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$			$2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Производство э/э	непоср. отдален.	$2 \cdot 10^{-1}$	$9 \cdot 10^{-1}$		$1 \cdot 10^{-2}$ $3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$ $6 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$ $6 \cdot 10^{-3}$
Всего	непоср. отдален.	$9 \cdot 10^{-1}$ $2 \cdot 10^{-1}$	$4 \cdot 10^{-2}$ $9 \cdot 10^{-1}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$ $3 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-2}$ $6 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$ $1 \cdot 10^{-2}$

Оценка числа случаев смерти от злокачественных опухолей и наследственных дефектов основана на установлении зависимостей между уровнем (дозой) воздействия и эффектом на здоровье человека (функций доза-эффект).

Неопределенность в оценках отдаленного риска смерти более высокая, чем в случае оценок непосредственного риска, и, как показывают литературные источники, может достигать нескольких десятков раз.

Число смертельных случаев на 1 ТВт·ч для данной энерготехнологии определяет одну из составляющих ущерба по одному из наиболее ценных ресурсов любой производственной деятельности – трудовому ресурсу.

Приведенные в табл. 1–2 характеристики являются лишь небольшим фрагментом набора данных, необходимого для проведения полного сравнительного анализа экологического воздействия различных энергоисточников на окружающую среду. Для выполнения расчетов по методу относительных ресурсных затрат потребовались также данные по тепловым выбросам в атмосферу, загрязнению гидросферы, использованию территории, потреблению органических и неорганических веществ литосферы и т.д., широко представленные в различных литературных источниках.

Менее изученным оказался вопрос о допустимых пределах по каждому виду воздействия, который прямо вытекает из существа обсуждаемого подхода и решение которого необходимо для проведения расчетов по формуле (1).

РЕСУРСНЫЕ ПРЕДЕЛЫ РАЗВИТИЯ

Формирование допустимых пределов (квот) воздействий – задача не менее сложная, чем количественное определение самих воздействий. Набор ограничений, диктуемых внешней средой, существенно зависит от характера и масштаба решаемой задачи. Определение ресурсного потенциала на национальном и глобальном уровнях должно стать важной составляющей политики государств и международного сообщества. Киотские договоренности по ограничению выбросов парниковых газов являют собой попытку введения ограничений по группе воздействий, предположительно влияющих на одно из важнейших условий существования человечества – стабильность климата в масштабах планеты.

Модель относительных затрат указывает на необходимость создания разветвленной системы ресурсных ограничений для одних ресурсов и целевых установок использования для других на большом временном интервале. Построение и внедрение обоснованного набора таких ограничений представляется актуальной

задачей на будущее, поскольку правильная стратегия квотирования способна направить в нужное русло развитие энерготехнологий и стать частью национально-го механизма регулирования ресурсоэнергопотребления и природопользования. При разработке соответствующих норм потребуются большие усилия со стороны научных организаций, законодательных и регулирующих органов. Авторы попытались уловить некоторые тенденции этого процесса и отразить их в проводимых расчетах.

Актуальным представляется интенсивный сценарий развития, который должен исходить из признания факта достижения пределов воздействия по ряду факторов окружающей среды и необходимости неперевышения их в дальнейшем.

На основании данных, часть из которых представлена в табл. 2, получены экспертные оценки смертности по населению и персоналу энергетики и обеспечивающих ее отраслей, связанные с функционированием ТЭК страны. Эти оценки определяют годовые пределы ущерба здоровью населения и персонала Q_i . Несомненно, что стратегия развития ТЭК должна исходить из необходимости повышения безопасности и улучшения охраны труда в энергетическом секторе страны и снижения этого показателя в расчете на единицу произведенной энергии.

Следует отметить, что данные по возобновляемым ресурсам (к которым следует отнести и трудовые ресурсы) обычно приводятся в литературе в форме, удобной для использования в модели относительных ресурсных затрат. Несколько сложнее обстоит дело с формированием ориентиров потребления невозобновляемых ресурсов. Они существенно зависят от временной базы, на которой производится сравнение, и оценки запасов этих ресурсов. Нами использовалось предположение о равномерном исчерпании разведанных невозобновляемых ресурсов к 2100 г. Получаемые при этом квоты ежегодного потребления примерно соответствуют реальным темпам исчерпания невозобновляемых ресурсов в настоящее время.

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ

Результаты расчетов относительных ресурсных затрат как индикаторов техногенного воздействия при выработке 1 ТВт·ч электроэнергии различными энергетическими источниками представлены на рис. 1.

Анализ полученных результатов позволяет выявить интересные тенденции и закономерности. Прежде всего стоит обратить внимание на неравномерность суммарных ресурсных затрат для разных энергетических источников, достигающую почти сотни раз. Следовательно, имеется существенный потенциал снижения воздействия на окружающую среду при производстве энергии, и вопрос состоит в выборе оптимальной стратегии его реализации. Из-за большого числа принявшихся во внимание составляющих нет возможности обсудить роль каждой сколько-нибудь подробно. Поэтому остановимся только на тех из них, которые вносят основной вклад в рассчитываемый показатель.

Персонал и население. Как видно из графика на рис. 1, относительные затраты трудовых ресурсов в угольном топливном цикле существенно выше других. Это объясняется тем, что профессиональный риск смерти шахтеров в России, как и во всем мире, выше риска рабочих в добывающих отраслях, обеспечивающих топливом и сырьем другие энергоисточники. Количество смертей в угольных шахтах и урановых рудниках примерно одинаково. Однако подземная добыча угля является более опасной, чем подземная добыча урана в расчете на единицу произведенной энергии. Использование быстрых реакторов позволяет в сотни раз уменьшить объемы добычи урана и еще больше снизить эту составляющую риска.

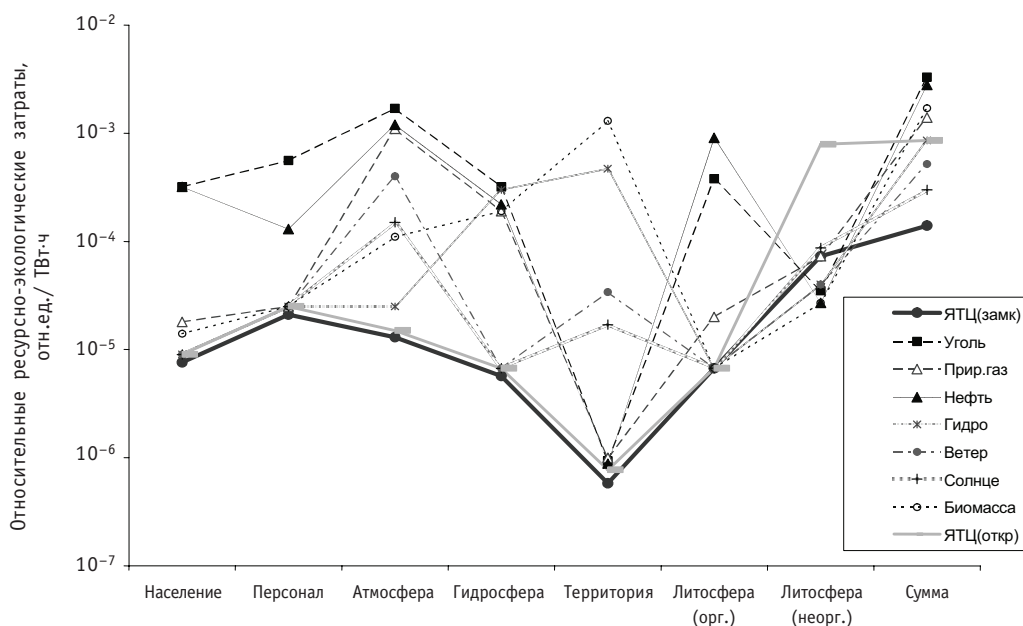


Рис. 1. Относительные ресурсно-экологические затраты ядерных и неядерных энергоисточников

Непосредственная угроза здоровью населения при использовании угля связана, в основном, с авариями на транспорте. Степень риска, присущая использованию ядерного топлива в 10–100 раз, а для топливного цикла РБН – в тысячи раз ниже, чем риск, присущий другим вариантам. Это происходит, главным образом, из-за того, что перевозится гораздо меньшее количество материалов. Отдаленный риск для населения со стороны ядерной энергетики и при использовании газа выражается приблизительно одной и той же величиной, которая, по крайней мере, в 10 раз ниже соответствующих показателей в угольном и нефтяном топливных циклах.

Атмосфера. Модель относительных ресурсных затрат показывает, что для энерготехнологий, основанных на сжигании органического топлива, наиболее значительным каналом воздействия на окружающую среду являются выбросы в атмосферу парниковых газов. Этот результат обусловлен ограничениями на эти выбросы в рамках Киотского протокола, вступившего в силу в России в 2005 г. Анализ статистических данных по выбросам парниковых газов в различных сферах хозяйственной деятельности позволил определить долю, приходящуюся на ТЭК, и подсчитать квоту для этого сектора экономики. Расчет по формуле (1) отношений выбросов парниковых газов для технологий сжигания нефти, угля и газа при достижении ими уровня установленных мощностей 1990 г. к общей квоте ТЭК и суммирование этих показателей дает величину, близкую к единице. Это означает, что составляющая относительных ресурсно-экологических затрат, связанная с емкостью атмосферы по выбросам парниковых газов, приблизится к пределу, допустимому Киотскими договоренностями.

Чтобы не выйти за пределы этих и последующих договоренностей, развитие энергетики должно осуществляться путем замещения старых ТЭС на угле и мазуте новыми ТЭС с уменьшенными выбросами парниковых газов (например, за счет роста КПД), а также за счет замещения угольных и мазутных ТЭС экологически более чистыми энергоисточниками. Как следует из рис. 1, потенциал ядерной энергетики является чрезвычайно важным практическим резервом, позволяющим России обеспечить рост энергетических мощностей, не нарушая Киотских договоренностей.

Гидросфера. Источники пресной воды в большей степени, чем воздушный океан, «привязаны» к конкретной местности, и трансграничный перенос через гидросферу имеет меньшее значение, чем атмосферный перенос. Тем не менее, с точки зрения техногенного воздействия на гидросферу человечество, как и в случае воздушной среды, вплотную подошло к допустимым региональным пределам, и в ближайшем будущем можно прогнозировать жесткие ограничения на потребление пресной воды.

Оценка относительных эффектов воздействий по модели ресурсных затрат приводит к заключению, что в качестве одного из критических каналов ресурсного воздействия в процессе производства электроэнергии на ГЭС следует рассматривать истощение гидроэнергетического потенциала рек. Потенциал гидроресурсов использован в России в значительных масштабах (около 5% от валового запаса), и отрицательные последствия проявились здесь со всей очевидностью: высокие риски смертности персонала и населения, затопление и подтопление земель, изменение микроклимата, ущербы растительному и животному миру, ухудшение качества воды из-за снижения проточности и температурной стратификации и т.д. Результаты расчетов с использованием представленной в работе модели не позволяют отнести равнинную гидроэнергетику к экологически чистым энергоисточникам.

Анализ имеющихся статистических данных по загрязнению сточных вод показал, что относительное воздействие по гидросфере в ядерно-энергетическом цикле ниже, чем в энергетике на органическом топливе. Однако показатели по потреблению воды для охлаждения АЭС с водо-водяными реакторами менее удовлетворительные, чем у современных ТЭС на природном газе. Переход к эксплуатации АЭС с реакторами на быстрых нейтронах и высокотемпературными газоохлаждаемыми реакторами с высоким КПД позволит сблизить указанные показатели. Для показателей потребления воды при переработке отработавшего топлива реакторов и ядерных отходов требуются уточнения. Не исключено, что более глубокое исследование этих вопросов покажет, что с точки зрения экологических критериев использование воды – одно из слабых звеньев реализуемых в настоящее время ядерных технологий.

Территория. Земля наряду с воздушной и водной средой является средоточием жизни и одним из самых важных экологических ресурсов. Рисунок 1 отражает характер вклада в относительные экологические затраты территориальной составляющей для сравниваемых технологий. По сути, он иллюстрирует устоявшиеся представления о том, что для сжигания биомассы, а также солнечной и ветровой энергетики, требуются наибольшие затраты земельных ресурсов.

Органические ресурсы литосферы. В концепции, которая представлена в этой работе, наибольший интерес представляет не абсолютная скорость потребления ресурсов, а относительная, т.е. приведенная к национальному потенциалу органических веществ литосферы. По этому критерию для России наиболее дорогостоящим органическим ресурсом литосферы оказалась нефть. Однако высокий спрос на природный газ во многих отраслях промышленности и в социально-бытовой сфере приведет к более жестким лимитам на его использование в энергетике. Учет подобных тенденций показывает, что для циклов на природном газе и нефти вклад составляющих по воздействию на органические ресурсы литосферы становится определяющим.

Ядерная энергетика, как и возобновляемые источники, потребляет некоторое минимальное количество органических ресурсов, связанное со сложившейся структурой потребления органического топлива в промышленности и на транс-

порте. На данном этапе детализации ядерный и все возобновляемые источники по органическому компоненту воздействий оказались в группе с минимальными «фоновыми» затратами органических ресурсов.

Неорганические ресурсы литосферы. Как видно из рис. 1, относительные ресурсно-экологические затраты открытого ядерного цикла для всех рассмотренных до сих пор компонентов окружающей среды минимальны, и графически кривая ресурсно-экологических затрат выглядела как «огибающая снизу». Ситуация меняется при переходе к оценке истощения запасов неорганических ресурсов литосферы. Открытый ядерный цикл на временной базе в сто лет оказывается весьма затратным по ресурсам неорганических веществ из-за сравнительно небольших запасов урана-235 в природе.

Относительные натуральные затраты по всему циклу. В рассматриваемой модели наибольшее отрицательное воздействие на основные компоненты окружающей среды получено для нефтяного и угольного циклов. Ветровая, солнечная и ядерная энергетика при рассмотрении на временном горизонте в сто лет оказались в одном классе источников с относительно низким воздействием на окружающую среду.

Весьма показательным, что ранжирование по величине экологического воздействия энерготехнологий по модели относительных ресурсно-экологических затрат дает сходную картину с известной моделью внешних затрат исследования ExternE [4], хотя модель ресурсных затрат дает более низкую оценку ветровой и солнечной энергетике.

ВЫВОДЫ

Исследование показало, что чрезвычайно важное значение для оценки ресурсно-экологического воздействия энергоисточников с их полными топливными циклами имеют не только показатели воздействия на окружающую среду, но и допустимые пределы этого воздействия для изучаемой системы. Модель относительных ресурсных затрат позволяет учесть оба эти фактора.

Наибольшее воздействие показали угольный и нефтяной топливные циклы; цикл на природном газе занял промежуточное положение; наилучшими оказались ветровая, солнечная и ядерная энергетика. «Центр тяжести» воздействия ЯТЦ смещен в сторону неорганических ресурсов, что является его важным экологическим преимуществом. Относительные ресурсные затраты замкнутого ядерного топливного цикла оказались ниже других энерготехнологий. Таким образом, охрана здоровья и окружающей среды является важным стимулом развития ядерной энергетики и замкнутого ядерного топливного цикла.

Литература

1. WNN World News. «Nuclear Power Leader in Safety». 17 January 2011, Front page, <http://www.world-nuclear-news.org>
2. Oussanov, V.I., Benefits of Nuclear Power to Lowering Ecological Cost of Energy Production /Global99, International Conference on Future Nuclear Systems (August 29-September 3, 1999, Jackson Hole, USA).
3. Рачков В.И., Тюрин А.В., Усанов В.И., Вошинин А.П. Эффективность ядерной энерготехнологии. Системные критерии и направления развития. – М.: ЦНИАтоминформ, 2008.
4. Externalities of Energy «ExternE». EC, Brussels, 1998.
5. Assessment of Nuclear Energy System Based on a Closed Nuclear Fuel Cycle with Fast Reactors, IAEA-TECDOC-1639, IAEA, 2010.

Поступила в редакцию 15.02.2011

УДК 504.064.36:574

Comparative assesment of radiation risk in regions of the location of Novovoronezh, Balakovo and Leningrad Nuclear Power Plants \ M.A. Dmitrieva, A.I. Kryshev, K.D. Sanina; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yademaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 8 pages, 3 tables, 1 illustration. – References, 14 titles.

Radiation monitoring data of environment near reference objects – Novovoronezh Nuclear Power Plant (NVAES), Balakovo Nuclear Power Plant (BALAES) and Leningrad Nuclear Power Plant (LAES) are summarized in this work (study). Methodology of risk analysis concerning radiation contamination of environment is approved. Results of statistic analysis of radiation monitoring data from different exposure pathways of population, resident in regions of the location NPP are given in this paper. There are also guidelines (recommendations) for optimization of radiation monitoring.

УДК 504.064

Comparative Environmental Impacts of Energy Generating Technologies and Ecological Incentives for the Nuclear Power Development \ V.I. Usanov, V.S. Kagramanayan, E.N. Rachkova; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yademaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 8 pages, 2 tables, 1 illustration. – References, 5 titles.

The model of comparative environmental impacts of energy generating technologies is discussed in the paper. It allows making quantitative assessment of the related impacts and exploring advantages and weak points of the energy generating source under consideration. The model is used for the comparative analysis of the full-energy-chain electricity production options with normalization to natural resources of Russia. The study shows that use of coal and oil fuel cycles give the highest ecological impact; gas fuel cycle and wind take intermediate position; solar and nuclear energy sources were found to be the most ecologically clear options. Under normal operation, the centre of the nuclear fuel cycle environmental impact is displaced to the domain of non-organic resources while other cycles impact biosphere more directly. It's an important result since one can expect more strict impact limitations in the future just in respect of biosphere. The study concludes that health and environment protection are important incentives for development of nuclear power.

УДК 621.039.534

An Experimental Study of Throttles Hydrodynamics in the Mediums of Circulating Water and Lead Coolants \ A.V. Beznosov, M.A. Antonenkov, T.A. Bokova, M.V. Iarmonov, K.A. Makhov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yademaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 8 pages, 1 table, 9 illustrations. – References, 2 titles.

The implemented experimental study and comparison of water and high temperature ($T=400 - 500^{\circ}\text{C}$) liquid metal flows hydraulic characteristics for throttles $d = 3,0 \text{ mm}$, $l = 5,0 \text{ mm}$; $d = 4,0 \text{ mm}$, $l = 5,0 \text{ mm}$; $d = 6,0 \text{ mm}$, $l = 5,0 \text{ mm}$; $d = 4,0 \text{ mm}$, $l = 3,0 \text{ mm}$; $d = 4,0 \text{ mm}$, $l = 7,0 \text{ mm}$ for the average stream speed in narrow sections from 1 to 30 m/s with the saturating of lead coolant with oxygen.

Such types of throttles are used in hydrostatic journal bearings (for its operability estimation) in the leading circulating pumps for innovative fast nuclear reactors that are cooled with heavy liquid metals, or in ejection system for HLHC refinement etc.

Results that are received shows that hydraulic characteristics of lead coolant in throttles in certain cases (back-supporting pressure after a throttle, the throttles geometry) differs considerably from those of water stream and its values that are received by the theoretical estimation. It makes for inadmissibility to use existing design formulas for hydrostatic journal bearings designing concerning lead and probably lead-bismuth coolants.

УДК 621.039.553

Calculation of the Conjugated Heat Transfer in Pipe by CFD-Method \ A.A. Kazantsev, V.R. Anisonyan; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yademaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 11 pages, 4 illustrations. – References, 22 titles.

The results of 3D calculations with use of computational fluid dynamics are presented. Comparison of the results is carried out on the basis of program package OpenFOAM applied to the standard