



А.В. ЯБЛОКОВ

ЗА ПРОТИВ



И ПРОТИВ

атомной энергии



Московское отделение Фонда имени Генриха Бёлля
Фракция «Зеленая Россия» РОДП «ЯБЛОКО»
Программа по ядерной и радиационной безопасности
Международного социально-экологического союза

А.В. ЯБЛОКОВ

ЗА И ПРОТИВ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
(спор с атомщиками)

Москва
Медиа-ПРЕСС
2011

ISBN 978-5-901003-24-4

Рецензент *А. А. Торопов*, кандидат биологических наук, руководитель
Сибирского экологического агентства (Томский
государственный университет систем управления и
радиоэлектроники)

Яблоков А. В.

ЗА и ПРОТИВ атомной энергетики (спор с атомщиками). — М.: Медиа-ПРЕСС,
2011. — 248 с.

В форме заочного диалога подробно рассматриваются аргументы сторонников атомной энергетики. Показано, что «бесспорные факты» атомщиков на проверку оказываются не такими уж бесспорными, а иногда даже не фактами, а пропагандистскими домыслами.

Стр. 248, рис. 13, табл. 17

© Оформление ООО «Медиа-ПРЕСС», 2011

© Яблоков А.В.

© Фонд имени Генриха Бёлля

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Введение	6

Часть 1. Три главные проблемы атомной энергетики

Глава 1. Проблема безопасности атомных реакторов не решена	7
Глава 2. Проблема радиоактивных отходов не решена	39
Глава 3. Распространение атомной энергетики ведет к распространению атомного оружия	59

Часть 2. Четыре главных посылы атомных пропонентов

Глава 4. Атомная энергетика — экономически выгодна	71
Глава 5. Атомная энергетика — спасение от изменений климата	83
Глава 6. Атомная энергетика — спасение от энергетического кризиса	93
Глава 7. Термояд решит все проблемы	99

Часть 3. О некоторых других атомных мифах

Глава 8. Атомная энергетика — экологически чистая	103
Глава 9. АЭС безопаснее тепловых электростанций и химических предприятий	131
Глава 10. Искусственная радиация мала, безвредна и даже полезна	139
Глава 11. Пора забыть Чернобыль	165
Глава 12. Ядерная энергетика обеспечивает независимость	183
Глава 13. Реакторы на быстрых нейтронах выгодны и безопасны	187
Глава 14. Французская атомная энергетика — самая эффективная и безопасная	197
Глава 15. Наступает «атомный ренессанс»	203
Глава 16. О «принципе естественной изменчивости»	207
Заключение	213
Приложение	214
Рекомендуемая литература	234
Предметный указатель	000
Указатель географических названий и имен	000

ПРЕДИСЛОВИЕ

Идея книги-диалога с атомщиками навеяна книгой Бруно Комби «**Защитники природы ЗА атомную энергию**», которая с 1994 г. выдержала 10 изданий во Франции, Канаде, Румынии, Японии, Китае, Чехии, Турции. В России она издана Атомэнерго в библиотеке Общественного совета Госкорпорации «Росатом». Тексту Б. Комби предпослано шесть (!) предисловий, которые занимают около десятой части всей книги. Получается, что **это не просто книга французского эколога, ратующего за ядерную энергетику, а выражение общей точки зрения проатомных экологов Запада и российских атомщиков.**

Б. Комби так определяет задачи книги:

«...примирить сторонников и противников атомной энергии...» (с. 47);

«...показать, что атомная энергия не только замечательный источник электроэнергии, ...но источник, выгодный как с экономической, так и с экологической точки зрения» (с. 47);

«...разъяснить сложности, развеять мифы и представить читателю возможность получить более ясное представление о проблеме» (с. 51).

Б. Комби завершает книгу словами, с которыми трудно не согласиться: *«Наше общество ничего не достигнет, если дебаты об атомной энергии сведутся к примитивной борьбе между теми, кто «ЗА», и теми, кто «ПРОТИВ». В чем мы действительно нуждаемся, так это в цивилизованном диалоге, в ходе которого общественность и те, кто принимает решения, получают исчерпывающую, объективную и научно обоснованную информацию (выделено нами. — А.Я.). Тогда каждый может в спокойной обстановке обдумать все преимущества и все риски...» (с. 355).*

К сожалению, никакого диалога в книге Б. Комби нет — там есть только утверждения того, что атомная энергия — замечательный источник электроэнергии, экономически выгодный и экологически безопасный. Однако характер книги Б. Комби, как своеобразной проатомной энциклопедии, дает хорошую возможность рассмотреть основные позиции сторонников развития атомной энергетики в форме того диалога, к которому так часто призывают атомщики и их сторонники, но которого они на самом деле избегают, игнорируя аргументы оппонентов.

Я признателен руководителю Московского отделения Фонда имени Генриха Белля Йенсу Зигерту, поддержавшему идею создания такой книги-диалога, и тем коллегам, чьи советы, материалы, идеи помогли

мне в этом. Среди них не могу не отметить В. Чупрова, М. Пискунова, А. Торопова, В. Углева, В. Меньщикова, В. Сливяка, А. Никитина, Н. Миронову, А. Золоткова, А. Шукина, Ю. Жилину, С. Шапхаева, А. Чомчоева, В. Булатова, О. Бодрова (Россия), К. Гроссмана (K. Grossman), М. Мариотта (M. Mariott) и Ж. Шерман (J. Sherman) (США), К. Басби (Ch. Busby) (Великобритания), А. Корбляйна (A. Korblein) (Германия), Ю. Бандажевского и Н. Карпана (Украина), М. Шнайдера (M. Schneider) (Франция). Это, конечно, не значит, что каждый из них согласен со всем, что написано в книге, — все ошибки на совести только автора. Особая благодарность Елизавете Сафонкиной — за техническую помощь при подготовке рукописи книги.

Все критические конструктивные замечания прошу направлять мне по адресу: yablokov@voxnet.ru. Электронная версия книги находится на сайтах www.rus-green.ru, www.boel.ru.

Алексей Яблоков,
советник РАН,

член Европейского комитета по радиационному риску (ЕССР),
руководитель Программы по ядерной и радиационной безопасности
Международного социально-экологического союза

Москва — Петрушово,
июнь 2010 г. — октябрь 2011 г.

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемая вниманию читателя книга-диалог состоит из трех частей. В первой части сопоставляются взгляды по трем главным проблемам, заставляющим подавляющее большинство экологов выступать против атомной энергетики в ее современном виде (опасность атомных реакторов, нерешенность проблемы радиоактивных отходов и неразрывная связь атомной энергетики и атомного оружия). Во второй части обсуждаются три главных аргумента, которые, как считают атомщики, определяют преимущество атомной энергетики перед другими способами получения электричества (роль атомной энергетики в борьбе с опасными изменениями климата, в спасении от энергетического кризиса и экономическая выгода развития атомной энергетики). В третьей части книги рассматриваются несколько «атомных мифов» — выдумок атомщиков о других преимуществах атомной энергетики. Последняя глава посвящена «принципу естественной изменчивости», который Б. Комби формулирует как теоретическое обоснование приемлемости радиоактивных выбросов и сбросов АЭС.

Для наглядности противоположные точки зрения приводятся в табличной форме: слева аргумент «ЗА» (в виде цитаты из книги Б. Комби), справа — контраргумент (если необходимо — с отсылками к специальной литературе).

При любом диалоге нельзя избежать повторов: одни и те же факты рассматриваются с разных сторон в разном контексте. Это тем более неизбежно в случае заочного диалога, поскольку в книге Б. Комби многократно на разный лад повторяются одни и те же аргументы. Заранее предупреждаю об этом тех читателей, особенно тех, которые (как и я сам) не особенно любят повторов текста. Для удобства пользования книга снабжена предметным и именным указателями.

Итак, аргументы и контраргументы сформулированы. Слово — за читателями. Продолжим наш спор-диалог, когда соберутся новые аргументы «ЗА» и «ПРОТИВ».

ЧАСТЬ 1

ТРИ ГЛАВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

С самых первых шагов атомная энергетика пытается решить три фундаментальные проблемы своего развития: безопасность работы атомных станций, безопасное обращение с образующимися радиоактивными отходами и предотвращение распространения атомного оружия под прикрытием развития «мирного атома». Что предлагается сегодня для решения этих проблем?

Глава 1. Проблема безопасности атомных реакторов

Безопасность атомных реакторов — ключевая проблема атомной энергетике. Атомщики утверждают, что современные атомные реакторы достаточно безопасны, а последствия их аварий не такие уж и страшные. Подобные утверждения, мягко говоря, сомнительны.

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонента
<p>1. «...даже ветряные мельницы не застрахованы от фатальных инцидентов...» (с. 42).</p>	<p>Есть принципиальная разница в авариях на обычном и атомном производстве. «Фатальная» авария на ветряной мельнице ведет к гибели нескольких человек. «Фатальная» авария на АЭС оказывает влияние на жизнь миллионов (в заметных концентрациях чернобыльские и фукусимские осадки выпали на территориях, где проживают сотни миллионов человек), а их генетические последствия будут сказываться на здоровье многих поколений.</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>2. <i>«...участники экологического движения выражают свое недоверие к технологии, которая при <u>неправильном использовании</u> (выделено А.Я.) может представлять опасность»</i> (с. 54).</p>	<p>АЭС, по мнению Б. Комби, опасны, но только при <i>«неправильном использовании»</i>. Можно ли избежать «неправильного использования»? Вопрос скорее риторический — способов избежать «неправильного» использования внутренне опасных технологий нет: всегда есть «человеческий фактор». Статистика показывает, что до 40 % всех аварий и инцидентов в атомной промышленности происходят в результате «человеческого фактора» (ошибочных или нарочито неправильных действий). В результате тренировок и производственного контроля можно уменьшить число ошибок, но полностью их исключить невозможно ни теоретически, ни практически.</p> <p>Однако проблема безопасности АЭС касается не только человеческого фактора (ошибок оператора), но и относится к постоянному несовершенству человеческих знаний. Даже при <i>«правильной»</i> (по инструкциям) эксплуатации АЭС время от времени возникают «несанкционированное увеличение мощности», «аномальные явления» — свидетельство того, что атомные реакции, запущенные человеком, далеко не изучены.</p> <p>Атомная энергетика не решила задач, которые исходно ставились ее основателями. Э. Ферми еще в 1947 г. прозорливо перечислил эти задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) безопасность реакторов; 2) экономичность; 3) решение проблем радиоактивных отходов (РАО);

4) нераспространение ядерного оружия.

«Строго говоря, атомная энергетика не отвечает ни одному из перечисленных критериев», — пишет не эколог, а видный российский атомщик академик Е.Н. Аврорин [1].

«Фукусима Дайичи» (где произошло небывалое ранее разрушение сразу трех (!) атомных реакторов и бассейна отработавшего ядерного топлива) наглядно показала ошибочность двух ключевых положений атомной индустрии:

1. Риск тяжелой аварии АЭС настолько низок, что вполне приемлем.

2. Имеющихся знаний достаточно, чтобы предвидеть все опасности при работе АЭС.

Авария на АЭС «Три Майл Айленд» и АЭС «Фукусима Дайичи» имеют общую причину — особенности оболочки топливных стержней. Она сделана из сплава т.н. циркалоя (цирконий с оловом и ниобием). Этот сплав при воздействии водяного пара может окисляться с резким увеличением температуры (что ведет к расплавлению топлива) и образованием водорода (растет риск взрыва). Атомщики США и Японии в погоне за технологическими преимуществами циркалоя не придали должного значения его опасным свойствам (хотя хорошо их знали).

Сходным образом советские конструкторы реактора РБМК, взорвавшегося в Чернобыле, тоже не придали должного значения особенностям его безопасности (хотя тоже их прекрасно знали).

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>3. <i>«...хорошо спроектированные атомные электростанции имеют огромные преимущества и минимум недостатков»</i> (с. 73)</p>	<p>Б. Комби пишет о <i>«хорошо спроектированных»</i> атомных электростанциях, имея в виду, что Чернобыльская АЭС была не особенно хорошо спроектирована. Но японская АЭС «Фукусима Дайичи» была спроектирована в США. И крупные аварии (с расплавлением атомного топлива) случались и в США, и в Великобритании, и во Франции. Похоже, что <i>«хорошо спроектированный»</i> атомный реактор — это несбыточная мечта, такая же, как в СССР был коммунизм — всегда за горизонтом.</p> <p>В явном противоречии со словами Б. Комби о <i>«хорошо спроектированных»</i> АЭС находится сам факт созыва ООН беспрецедентной для какой-либо отрасли промышленности мировой встречи по проблемам ядерной безопасности в сентябре 2011 г. На этой встрече все, начиная от генсека ООН и кончая руководителем МАГАТЭ, призывали <i>«повысить стандарты надежности АЭС»</i>, признавая тем самым недостаточность существующих [2].</p>
<p>4. <i>«Ядерная энергия необходима, но она должна эксплуатироваться безопасно и с величайшими предосторожностями»</i> (с. 54).</p>	<p>Если АЭС должны эксплуатироваться с <i>«величайшими предосторожностями»</i>, то Б. Комби подразумевает, что они исключительно опасны. Но это как раз то, что говорят все противники атомной энергии. Безопасная эксплуатация такого первично опасного сооружения, как АЭС, невозможна: всегда есть человеческий фактор, и никакие <i>«величайшие предосторожности»</i> ни теоретически, ни практически не могут исключить роковой случайности.</p>

	<p>Перечень множества самых невероятных на первый взгляд аварий на АЭС в США, Франции и других странах есть в учебниках по атомной энергии [3] и в «Календаре ядерной эры» [4]. Да и о какой «безопасной» эксплуатации можно говорить, если любая АЭС даже штатно, при нормальной работе, производит огромное количество крайне опасных радионуклидов? (Подробнее о влиянии АЭС см. гл. 8.)</p> <p>И о дежурной присказке атомщиков о том, что атомная энергия «необходима», смею утверждать: в любом месте можно найти другие, менее опасные, источники энергии (см. гл. 5) — было бы желание.</p>
<p>5. «Блок атомной электростанции, производящей электричество, никогда не взорвется подобно атомной бомбе — это невозможно ни теоретически, ни практически» (с. 124).</p> <p>6. «...в гражданском ядерном реакторе нет физических условий для ядерного взрыва, и их невозможно создать» (с. 124).</p>	<p>Лауреат Нобелевской премии физик П.Л. Капица сказал: «Атомная электростанция — это атомная бомба, дающая электричество» [5]. Физические процессы в АЭС и в атомной бомбе одни и те же: цепная реакция деления тяжелых атомов урана или плутония. И трудно сказать, что хуже — взрыв атомной бомбы или катастрофа на АЭС.</p> <p>Выброс радионуклидов от аварийной АЭС много больше, чем от любой атомной бомбы, — и по числу радионуклидов, и по их количеству. Чернобыльская катастрофа по объему выброшенных радионуклидов была в 600 раз опаснее взрывов атомных бомб в Хиросиме и Нагасаки. Фукусимская катастрофа, по официальным оценкам, выбросила цезия-137 в 168 раз больше, чем атомные бомба в Хиросиме (соответственно 15 тыс. ТБк и 89 ТБк [6]), по другим оценкам — до 72 тыс. раз больше [7]. Атомная бомба мгновенно уничтожает больше</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	людей, чем АЭС, но общее число жертв может быть много больше от катастрофы на АЭС (в Хиросиме и Нагасаки погибло около 250 тыс., а общее число погибших от болезней, вызванных Чернобыльской катастрофой только за первые 25 лет, — больше миллиона человек) [8].
<p><i>7. «Худший инцидент, который мог бы произойти с атомной электростанцией — плавление активной зоны реактора (как это произошло на АЭС «Three Mile Island») и выброс радиоактивных веществ в окружающую среду (как это случилось при пожаре в Чернобыле). Такая авария немыслима на современных атомных станциях, которые построены и эксплуатируются правильно» (с. 125).</i></p>	<p>После катастрофы на японской АЭС «Фукусима Дайичи», где в 2011 г. расплавленное топливо прожгло корпуса трех реакторов американской конструкции и огромное количество радионуклидов попало в атмосферу, почвы и океан, даже скептикам стало ясно, что такие «инциденты» не только «мыслимы», но и вполне реальны. Кроме упомянутой Б. Комби американской АЭС «Три Майл Айленд», расплавление активной зоны атомных реакторов происходило в том числе на АЭС «Сен Лорен», Франция (1969), Ленинградской АЭС, СССР (1975) и на Белоярской АЭС, СССР (1977) (подробнее см. ниже, п. 10).</p> <p>Задолго до Фукусимы мир неоднократно был под угрозой расплавления активной зоны реакторов АЭС. Иногда к этому приводили аварии линий электропередачи с халатным отношением к обеспечению аварийного охлаждения. Так было в 1993 г. на Кольской АЭС (Россия), в 1998 г. на АЭС «Дэвид Бессе» (США) и на АЭС «Хантерсон Бис» (Шотландия), в 2006 г. — на АЭС «Форсмарк» (Швеция). Везде потребовалось охлаждать аварийно остановленные реакторы, и</p>

езде не включались аварийные дизельные двигатели. Вот как описывали ситуацию по горячим следам участники: «*Чистое везение, что активная зона не расплавилась... все могло закончиться катастрофой*» (директор шведской АЭС Л.-О. Хеглунд) [9]; «*Сердце просто ушло в пятки*» (начальник аварийной службы американской АЭС Б. Донеллон [10]).

В США на АЭС «Дэвид Бессе» десяток инспекций проглядели, что в стальной крышке реактора образовалась впадина глубиной 155 мм, и от катастрофы с неизбежным расплавлением активной зоны мир отделяла полоска металла толщиной в пять миллиметров!

Проверка в 1999 г. показала, что проблемы с аварийными дизель-генераторами есть более чем на 50 % всех АЭС США [11]. Проверка в 2011 г. обнаружила опасные нарушения правил эксплуатации на подавляющем большинстве (60 из 67) АЭС США [12].

Только чудовищное везение уберегло мир от страшных катастроф в трех упомянутых выше случаях, которые оказались возможными на современных АЭС. «*Правильная*» постройка и эксплуатация АЭС, о которых пишет Б. Комби, — это из области благих пожеланий, а не действительности.

Жизнь показала, что Б. Комби ошибается и в оценке «*худшего инцидента*» с АЭС, которым он считает только плавление активной зоны реактора. Жертвам атомной индустрии совсем неважно, откуда поступят смертельные радионуклиды. Катастрофа с выбросом значительного количества радионуклидов из

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>бассейна выдержки отработанного ядерного топлива (ОЯТ) на АЭС «Фукусима Дайичи» в 2011 г. показала справедливость многолетних опасений экологов по поводу хранилищ ОЯТ. В таких хранилищах может содержаться больше опасных долгоживущих радионуклидов, чем в работающих реакторах АЭС. Атомные специалисты хорошо знают об этих опасениях экологов, но пока их игнорируют (эти хранилища повсеместно слабо защищены от разных угроз).</p>
<p>8. «Единственной в мире страной, которой удалось найти область экономически оправданного применения атомной энергии на море, стала Россия. С 1959 года семь атомных ледоколов и атомный лихтеровоз «Севморпуть» успешно эксплуатируются в Северном Ледовитом океане... экономика атомных судов будет улучшаться при сохранении достигнутого уровня безопасности и безупречности с точки зрения экологии» (с. 194, 195).</p>	<p>Представление о том, что атомные ледоколы экономически эффективны — из области фантазий. Эксплуатация атомных ледоколов в СССР/России всегда была убыточной [13]. Неверно и то, что судовые атомные реакторы работают «безопасно и безупречно с точки зрения экологии». На самом деле за это время произошли две аварии реакторов и не менее трех радиационных инцидентов с выбросом радиоактивных продуктов и переоблучением персонала. Реакторная установка атомного ледокола «Ленин» до сих пор лежит на небольшой глубине у Новой Земли в зал. Цивольки Карского моря.</p> <p>Напомню и о 35 крупных авариях на атомных подводных лодках со сходными по конструкции реакторами [14, табл. 1 в приложении].</p>
<p>9. «На АЭС «Three Mile Island»... никакого выброса радиоактивности в окружающую среду не было» (с. 125).</p>	<p>Большая неправда, что «никакого выброса радиоактивности» на АЭС «Три-Майл-Айленд» не было. Хотя большая часть аварийных радионук-</p>

	<p>лидов была задержана защитными оболочками АЭС, даже по официальным данным большое количество радиоактивных газов (около 10 млн кюри) попало в атмосферу и в водоемы. Несмотря на то что из ближайших окрестностей было эвакуировано несколько тысяч человек, даже по официальным данным, дополнительное облучение достигало 84 мбэр [15]. По данным последующего анализа хромосомных нарушений в крови человека и тканях деревьев, облучение было в несколько раз выше (подробнее об аварии на АЭС «Три Майл Айленд» (см. п. 19, 20).</p>
<p>10. «Несмотря на самые большие предосторожности, риски всегда будут существовать, но они могут быть сведены к минимуму при тщательно продуманных и строго соблюдаемых действиях на всех этапах проектирования, строительства и эксплуатацию» (с. 102).</p>	<p>Говорить о <i>«тщательно продуманных»</i> действиях — в лучшем случае маниловщина: случайности всегда более изобретательны, чем любые самые гениальные конструкторы. Тем более нельзя всерьез надеяться на <i>«строгое соблюдение действий»</i>, поскольку есть неизбывный человеческий фактор.</p> <p><i>«Минимум»</i> рисков, о котором мечтает Б. Комби, — это то, что в мировой практике считается «приемлемым» риском — вероятность техногенных аварий 10^{-6} (1 : 1 000 000). Однако многолетняя реальность атомных катастроф в мире совсем другая. Суммарно все атомные реакторы в мире (не считая судовых, научно-исследовательских и экспериментальных реакторов) проработали к 2011 г. около 10 000 реакторо-лет. За это время произошло не меньше 11 крупных (с расплавлением атомного топлива и/или разрушением реактора) аварий атомных реакторов:</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>— АЭС «Энрико Ферми» (США, 1966);</p> <p>— АЭС «Люценс» (Швейцария, 1969);</p> <p>— АЭС «Сен Лорен» (Франция, 1969);</p> <p>— Белоярская АЭС (СССР, 1977 г.);</p> <p>— АЭС «Богунце» (Чехословакия, 1977);</p> <p>— Ленинградская АЭС (СССР, 1975);</p> <p>— АЭС «Три Майл Айленд» (США, 1979);</p> <p>— Чернобыльская АЭС (СССР, 1986);</p> <p>— Фукусима-1, Фукусима-2, Фукусима-3 на АЭС «Фукусима Дайичи» (Япония, 2011 г.).</p> <p>Еще пять крупных радиационных аварий (с выбросом радиоактивности в окружающую среду за пределы предприятий) произошли на других предприятиях ядерно-топливного цикла:</p> <p>— на п/о «Маяк» (СССР, 1957 г.);</p> <p>— на атомном комплексе Виндскейл (Великобритания, 1957 г.);</p> <p>— на Сибирском горно-химическом комбинате (Россия, 1993 г.);</p> <p>— на заводе по производству атомного топлива Токаймура (Япония, 1999 г.);</p> <p>— в бассейне выдержки отработавшего ядерного топлива на АЭС «Фукусима Дайичи» (Япония, 2011 г.).</p> <p>16 тяжелых аварий на 10 000 реакторо-лет означает в среднем одна тяжелая авария на 625 реакторо-лет — риск более 10^{-3}. Такой уровень риска на три</p>

порядка (в 1000 раз) больше приемлемого уровня 10^{-6} .

Учтем и ставшие известными аварии меньшего масштаба по уровню загрязнения окружающей среды, но тем не менее крупные (с расплавлением атомного топлива), о которых предпочитают помалкивать сторонники атомной энергетики:

— на атомных реакторах советских атомных подводных лодках АПЛ К-116 (1979), АПЛ К-431 (1985), АПЛ К-192 (1989);

— на военных реакторах по производству плутония SL-1 и EBR-I (США, 1955); NRX (Канада, 1952);

— на экспериментальных реакторах BORAX-I и SRE (США, 1954, 1959).

Можно посчитать аварии в атомной отрасли и без вычисления вероятности, а по годам. За 57 лет развития атомной индустрии произошло не менее чем 32 крупных (уровня 1–7 по шкале МАГАТЭ) радиационных инцидента [16], или один в два года. Если учитывать только тяжелые аварии (уровня 4–7), то одна тяжелая радиационная авария происходит раз в пять лет.

За 25 лет после Чернобыля в атомной индустрии произошло (точнее, не произошло, а стало известно, поскольку многие аварии скрываются оператором и регулирующими органами):

● 4 радиационных аварии 4-го уровня по шкале INES (в Японии, Индии, Бельгии и Египте);

● 31 «серьезный инцидент» (уровень 3 по школе INES), из которых 12 — на атомных реакторах в 19 странах

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>(в том числе в Швеции, США, России, Китае, Испании, Франции и Великобритании) [29].</p> <p>Анализ реальных рисков в атомной промышленности показывает, что она вносит в жизнь человечества ТЫСЯЧЕКРАТНО более высокие угрозы и риски, чем любые другие отрасли промышленности и энергетики.</p> <p>Вот еще несколько примеров реальных рисков в атомной энергетике:</p> <ul style="list-style-type: none"> — 2006 г. Радиохимический завод в поселке Токай Мура (Япония) по производству топлива для АЭС. В нарушение всех инструкций в контейнер-смеситель вместо 2,4 кг урана, обогащенного до 5 %, было помещено 16 кг урана обогащенного до 19 %. Возникшая неконтролируемая цепная реакция продолжалась с перерывами около 20 часов, уровень облучения за пределами предприятия (за счет выбросов радиоактивных газов и йода-131) поднимался 1000-кратно. Переоблучено около 700 человек. — 2007 г. АЭС «Касивазаки-Карива» (Япония). Самая большая АЭС в мире (8200 МВт), как выяснилось, была построена недостаточно сейсмостойкой: после землетрясения в 6,7 балла она была серьезно повреждена, загорелась, радиоактивная вода попала в океан. Все семь реакторов были остановлены на два года для ремонта и реконструкции. — 2011 г. АЭС «Норс Энн» (США). В результате землетрясения 22 августа при аварийной остановке включился

	<p>лишь один из четырех локальных дизель-генераторов, необходимых для охлаждения реактора и системы безопасности. Система охлаждения для двух бассейнов с ОЯТ не включилась автоматически [17].</p>
<p>11. «Атомные электростанции приносят нам существенную пользу, обеспечивая электричеством и не приводя к загрязнению природы при относительно низком риске и ограниченных последствиях аварии» (с. 129).</p>	<p>Утверждение Б. Комби об <i>«относительно низком риске»</i> противоречит фактам (см. выше). Учитывая реальные масштабы атомных катастроф (Чернобыль и Фукусима значимо затронули практически все Северное полушарие, и выброшенные ими радионуклиды будут активны в биосфере на протяжении сотен и тысяч лет), слова Б. Комби об <i>«ограниченных последствиях»</i> звучат по меньшей мере наивно и скорее издевательски.</p> <p>Б. Комби прав, говоря о <i>«существенной пользе»</i> АЭС: вырабатывая в наши дни около 13 % электроэнергии, и давая работу нескольким миллионам людей во всем мире, АЭС конечно же приносят пользу. Но сравним прибыль от производства атомного электричества со стоимостью ликвидации последствий атомных аварий и катастроф. Для минимизации последствий Чернобыльской катастрофы (именно минимизации, поскольку эти последствия невозможно ликвидировать) три наиболее пострадавшие страны (Беларусь, Украина и Россия) суммарно потратили за первые 20 лет после Катастрофы более 500 млрд долларов [8]. Не исключено, что общий ущерб хозяйству и здоровью населения всех стран от Чернобыльской катастрофы уже достиг порядка триллиона долла-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>ров (см. гл. 11), что превышает, по-видимому, всю прибыль от всех АЭС. Пока рано оценивать последствия катастрофы на АЭС «Фукусима Дай-ичи», но уже называются цифры в несколько десятков миллиардов долларов. Оценка последствий возможных аварий на американских АЭС оценивается в многие триллионы долларов (только возможный ущерб от аварии на АЭС «Индиан Пойнт-3» — 314 млрд долларов). Получается так: прибыль от производства атомного электричества получают сравнительно немногие, а ущерб, который многократно превышает эту прибыль, возмещают очень многие. При этом оказывается, что атомная индустрия заранее предполагает, что она не будет в состоянии полностью оплачивать «ядерный ущерб».</p> <p>Под давлением атомного лобби принята международная Венская конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб (1997), по которой ответственность «оператора» (то есть АЭС) не превышает 500 млн долларов — смехотворно малая сумма сравнительно с реальными ущербами, как показывает жизнь. То есть <i>«низкие риск»</i> и <i>«ограниченные последствия»</i>, о которых пишет Б. Комби, — это только для самих атомщиков, но не для остальных граждан.</p>

<p>12. <i>«Выбор безопасной площадки... (атомные станции строятся с подветренной стороны и вдали от городов...»</i> (с. 315).</p> <p>13. <i>«Атомная станция, снабжающая электроэнергией район Парижа, расположена в 100 километрах к юго-востоку от столицы Франции. Это место было выбрано и потому, что здесь доминируют северо-западные ветра, то есть в сторону от Парижа»</i> (с. 315).</p>	<p>Б. Комби не замечает (или думает, что читатели не заметят), как сам опровергает все рассуждения о безопасности АЭС: ведь если специально планируется располагать АЭС «вдали» и с «подветренной стороны» от крупных городов, то, значит, проектировщики исходят из того, что АЭС опасны!</p> <p>Кстати, подобные рекомендации — располагать АЭС подальше от городов — официально приняты и МАГАТЭ [18].</p>
<p>14. <i>«Стержни защиты и управления... в любое время могут остановить цепную ядерную реакцию...»</i> (с. 315).</p> <p>15. <i>«Защита от ошибки человека. ...Если эти параметры отклоняются от нормы, стержни аварийной защиты автоматически вводятся в реактор, цепная реакция прекращается, и человек не может этому помешать»</i> (с. 316, 317).</p> <p>16. <i>«Саморегулирование реакторов... Это делает потерю контроля над такими реакторами практически невозможной»</i> (с. 317).</p>	<p>Ошибочно утверждать, что в любое время можно остановить цепную реакцию. Вот что говорят сами ученые-атомщики:</p> <p>1. <i>«Физические принципы, заложенные в ядерный реактор, и технические решения, воплощенные в АЭС, в принципе не гарантируют невозможность аварийного состояния элементов, из которых состоит АЭС»</i> [19].</p> <p>2. <i>«При всех различиях современных быстрых и тепловых реакторов есть одна черта, их объединяющая. И тот и другой работают по схеме выжигания активной компоненты топлива (уран-235, плутоний-239) в активной зоне... в них первоначально закладывается активного материала больше, чем это требуется для непосредственного поддержания критического уровня. Стационарное положение балансируется регулирующими стержнями — поглотителями нейтронов... В этом смысле ни один из ныне существующих реакторов, работающих по принципу выгорания,</i></p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p><i>нельзя отнести к безусловно безопасным, потому что, если вдруг по случайным причинам регулирующие стержни покинут активную зону, возникнет значительная надкритичность. Цепная реакция в таких условиях будет развиваться настолько быстро, что никакая аварийная защита не поможет» [20].</i></p> <p>А вот два (из многих) примеров того, что опасения насчет регулирующих стержней совершенно реальны:</p> <p>— АЭС «Шика» (Япония), 1999 г. В течение 15 минут продолжалась неконтролируемая цепная реакция, которая возникла после ошибки оператора, вынудившего из реактора три замедляющих стержня. Этот инцидент был скрыт управляющей компанией от национальных и международных контрольных органов, о нем стало известно только спустя восемь лет [33].</p> <p>— АЭС «Козлодуй» (Болгария), 2006 г. После отказа одного из четырех главных циркуляционных насосов система управления реактором попыталась автоматически снизить его мощность вводом в активную зону регулирующих стержней, но половина из них не сработала. Попытка осуществить аварийный останов реактора вручную также не удалась: из 61 стержня остались заблокированными 22. Реактор удалось остановить только впрыском борной кислоты. Руководство АЭС и болгарский орган ядерного регулирования посчитали инцидент как незначительный (0 по шкале</p>

	<p>INES). Только под давлением общественности ему был присвоена категория 2 («серьезный инцидент, преодолен резервной системой»). По замечанию ее директора, АЭС почти год работала способом, который можно сравнить с управлением скоростным поездом, у которого нет тормозов [34].</p> <p>Даже на остановленных реакторах возможен выход радиоактивности. Вот конкретный пример: на реакторе МИР-М.1 в НИИАР (Димитровград, Ульяновская обл.), остановленном из-за разгерметизации одной тепловыделяющей сборки (ТВС), через сутки в ходе перезагрузки персонал допустил ошибку, которая привела к повторной разгерметизации ТВС, по масштабу во много раз превышающей первоначальную. В результате — сверхнормативный (до 20-кратного) выброс в атмосферу радиоактивных газов и аэрозолей, в том числе йода-131 [21].</p>
<p>17. «Отвод тепла. Даже если случится общий отказ системы электропитания энергоблока, продублированная и рассчитанная с запасом мощности система охлаждения гарантированно отведет остаточное тепло после аварийной остановки реактора» (с. 317).</p>	<p>После катастрофы на АЭС «Фукусима Дайичи» утверждение Б. Комби относительно «гарантированного отвода тепла» выглядит сверхнаивным.</p> <p>Проверка еще в 1999 г. обнаружила проблемы с состоянием дизель-генераторов аварийного охлаждения на более чем половине АЭС в США (на некоторых АЭС дизель-генераторы бездействовали) (см. п. 7). На любой из современных АЭС возможна авария, при которой «гарантированного» отвода тепла после аварийной остановки реактора не произойдет и реактор может взорваться.</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>18. <i>«Ядерные аварии маловероятны, но тем не менее возможны»</i> (с. 321).</p>	<p>Расчеты атомщиков о «<i>маловероятности</i>» аварий сильно приукрашены. В мире нет НИ ОДНОЙ АЭС, на которой не происходили бы инциденты. В учебниках по атомной энергетике описывается до 1000 возможных инцидентов и аварий на АЭС [3]. Выше уже подробно оценивалась реальная аварийность АЭС — она оказалась тысячекратно большей, чем утверждают атомщики и чем можно было бы пренебречь. <i>«Если мы будем иметь приблизительно 1000 реакторов, то каждые десять лет мы можем иметь с большой вероятностью тяжелую аварию»</i>, — написал еще в 1998 г. зам. генерального директора МАГАТЭ [22].</p> <p>Сейчас в мире не 1000, а около 440 коммерческих атомных реакторов. И следующая «тяжелая» авария, по масштабам сравнимая (по некоторым расчетам — большая) с Чернобыльской (фукусимская), произошла через 25 лет после Чернобыля — в хорошем соответствии с этим прогнозом.</p>
<p>19. <i>«...эта авария (АЭС «Три Майл Айленд» в 1979 г. — А.Я.) не оказала никакого влияния на окружающую среду, никто не погиб, и здоровью людей ничего не угрожало»</i> (с. 321).</p>	<p>В оценке последствий катастрофы на АЭС «Три Майл Айленд» Б. Комби разделяет официальную точку зрения. Но есть и другая. По официальным данным (и данным атомщиков), выбросы радиоактивности не привели к каким-либо заметным изменениям здоровья населения. Однако радиоактивного йода в щитовидной железе полевок в 2 км от АЭС было значительно больше, чем в 15 км [23]. Ксенона-133 и криптона-85 было выброшено до</p>

	<p>13 млн Ки, и радиоактивное облако было обнаружено в 400 км от АЭС. Многие окрестные жители заявили под присягой, что у них краснела кожа, выпадали волосы, была рвота, погибали мелкие домашние животные и были выкидыши у сельскохозяйственных животных. В тканях внезапно погибших деревьев обнаружены изменения, сходные с изменениями в ткани деревьев, погибших после Чернобыльской катастрофы. Позднее — по данным медицинской статистики — произошло заметное увеличение младенческой смертности и смертности от старости (коррелированные с расстоянием от АЭС). Смертность от врожденных дефектов в 1979–1980 гг. на расположенных вокруг АЭС «Три Майл Айленд» территориях возросла на 37 % по сравнению с уровнем 1978 г. У проживавших в радиусе 16 км вокруг этой АЭС в 1981–1985 гг. заболеваемость раком возросла на 64 % по сравнению с доаварийным уровнем 1975–1979 гг. [24]. Многие жители обратились в суд с требованием компенсации. Суд не признал связи заболеваний с радиоактивным выбросом, но АЭС добровольно заплатила большие компенсации многим (формально не за ущерб здоровью), и на этом дело и закончилось.</p>
<p>20. <i>«Активные выбросы в окружающую среду были почти нулевыми (выброс радиоактивности во внешнюю среду на этой станции («Три Майл Айленд» — А.Я.) был в миллион раз меньше, чем в Чернобыле)»</i> (с. 322).</p>	<p>Вот что написал мне в августе 2011 г. бывший старший радиолог АЭС «Три Майл Айленд» Дэвид Бэр (David Bear):</p> <p><i>«Во время работы на «Три Майл Айленд» я был связан со сбором информа-</i></p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p><i>ции по уровням облучения внутри и вокруг АЭС и определению радиоактивных выбросов. Я лично наблюдал фальсификацию этих отчетов, включая отчеты выбросов, отчеты персональной дозиметрии и отчеты по счетчикам излучения человека (Whole Body Scanner)» [25].</i></p>
<p>21. <i>«Реакторы четвертого поколения разрабатываются так, чтобы они обладали конструктивной внутренней безопасностью. Эти реакторы будут невосприимчивы к неправильным действиям персонала даже в самой сложной ситуации» (с. 320).</i></p>	<p>Вот уже лет 30, как атомщики в разных странах говорят о реакторах с «внутренней безопасностью», но почему-то строят не такие реакторы, а продолжают строить те, которые они сами считают опасными. Б. Комби выдает желаемое за действительное: пока нет реакторов «с внутренней безопасностью», т. е. таких, в которых авария гасится не усилиями человека (оператора), а автоматически, в силу заложенных в него физических причин.</p> <p>Все без исключения современные реакторы (и на быстрых, и на медленных нейтронах) работают по схеме выжигания активного компонента топлива (урана-235, плутония-239) в активной зоне. В них изначально закладывается активного материала больше, чем требуется для непосредственного поддержания критического уровня, тем больше, чем больше предполагаемая продолжительность кампании (период между зарядками атомного топлива). Процессы ядерного деления в атомном реакторе управляются регулирующими стержнями — поглотителями запаздывающих нейтронов. Эти стержни позво-</p>

ляют атомному топливу — после достижения нижнего критического состояния — как бы тлеть, не позволяя развиться неуправляемой цепной реакции за счет нарастания неуправляемого потока мгновенных нейтронов.

Если регулирующие стержни по каким-то причинам покинут активную зону (случайности, как показывает практика, гораздо изобретательнее любых конструкторов), немедленно возникнет надкритичность — в реакторе в доли миллисекунды начнется неуправляемая цепная реакция. Неуправляемая цепная реакция в замкнутом пространстве реактора превращает его в атомную бомбу. Ни один из ныне существующих реакторов, работающих по принципу выгорания, нельзя отнести к внутренне безопасным.

По инициативе Министерства энергетики США несколько лет назад был создан Международный форум для разработки реакторов *«четвертого поколения»* (США, Канада, Япония, Франция, Бразилия, Аргентина, Великобритания, Южная Корея и Россия). Разговоры о реакторах *«четвертого поколения»* (с *«внутренней безопасностью»*) сегодня ведутся атомной индустрией в основном для того, чтобы привлечь средства в отрасль, вызывающую все больше недоверия инвесторов. Чего только не обещается атомщиками: и что новые реакторы будут экономичными и безопасными, не будут давать радиоактивных отходов, будет надежно обеспечен эффективный режим нераспространения...

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>При этом налицо колоссальное несоответствие между тем, как <i>«четвертое поколение»</i> представляется для политиков и общественности, и фактическим положением вещей.</p> <p>Прав один из ведущих немецких конструкторов АЭС Р. Гельднер: <i>«... управляемые бумагой и охлаждаемые чернилами»</i> (выделено нами А.Я.), реакторы являются самым безопасным из всех существующих. Но после запуска в них могут возникнуть самые непредвиденные проблемы» [26].</p> <p>Технические разработки АЭС <i>«четвертого поколения»</i> показывают, что улучшения безопасности в одном создает проблемы в чем-то другом. Получается, что разговоры о безопасных реакторах — отвлекающий маневр, если не сказать обман, и общества, и политиков, принимающих решение.</p> <p>Надо добавить к указанному выше, что даже по оценке Министерства энергетики США реакторы <i>«четвертого поколения»</i> будут готовы к коммерческому применению не ранее 2030 г. (по мнению французских атомщиков — к 2045 г!).</p> <p>Как хорошо написал известный антиатомный активист М. Пискунов (Дмитровград): <i>«В реакторах любого поколения суть будет той же: управляемая цепная реакция в атомном топливе (которая может выйти из-под контроля) и наработка радиоактивных отходов (без которых невозможна работа любого реактора)»</i> [27].</p>

22. »...все современные атомные электростанции практически безопасны, так как их реакторы находятся внутри очень прочной защитной оболочки из железобетона около одного метра толщиной — контейнента (с. 347).

Во-первых, контейненты (защитные железобетонные колпаки) отсутствуют на целом ряде АЭС. Нет колпаков на всех реакторах РБМК (в том числе на Курской, Смоленской, Ленинградской и Чернобыльской АЭС), нет колпаков на реакторах типа ВВЭР-440 (на Нововоронежской и Кольской АЭС, а также на АЭС «Козлодуй» (Болгария) и «Богунце» (Чехия)). Нет колпаков на британских АЭС «Олдберри» и «Вильфа». Можно, конечно, не считать все эти АЭС *«современными»*, но безопасности в мире от этого определения не прибавится.

Во-вторых, самые толстые контейненты могут выдержать падение только очень небольшого самолета и никак не удар обычного современного пассажирского самолета весом 300–400 тонн. Как показали события 11 сентября 2001 г. в США, такое событие более чем реально. Не рассчитаны контейненты и на удар небольшой ракеты. В марте 1995 г. мир был в полутора минутах от катастрофы на Нововоронежской АЭС. Тогда боевая авиационная ракета «воздух — земля», запущенная военным самолетом, сошла с курса и взорвалась в 4,5 км от атомного реактора [28]. Российский министр по атомной энергии сказал по похожему поводу (в связи с опасностью попадания ракеты в АЭС «Козлодуй» во время косовского конфликта): те, кто забыл, что такое Чернобыльская катастрофа, *«после такого попадания могут узнать это во всей полноте»* [29]. Любой контеймент может быть разрушен изнутри

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>таким взрывом реактора, как в Чернобыле. Катастрофа на АЭС «Фукусима Дайичи» показала, что контейнмент может быть разрушен и без взрыва реактора — сильным давлением образующихся газов. В общем, ясно, что контейнмент АЭС не в состоянии препятствовать утечке значительного количества радионуклидов в окрестности АЭС.</p> <p>Наверное, можно сделать контейнмент потолще (не метр толщиной, а, скажем, два метра), чтобы он выдержал все мыслимые и немыслимые нагрузки, но тогда стоимость АЭС станет заоблачной.</p>
<p><i>23. Даже если контроль над реактором потерян и активная зона расплавилась, выход радиоактивности из корпуса реактора будет минимальным и ограничен объемом контейнмента, как это случилось во время аварии на АЭС Three Mile Island» (с. 347).</i></p>	<p>Неверно, что на АЭС «Три Майл Айленд» «выход радиоактивности из корпуса реактора» был «ограничен объемом контейнмента»: даже по официальным данным, из технологических отверстий неразрушенного контейнмента вышло радиоактивных газов и аэрозолей общей активностью от 2,5 до 13 млн Ки [23].</p>

24. «Радиоактивность регулярно проверяется как внутри станций... так и в прилегающих к атомным станциям районах. ...Регистрация этих данных производится непрерывно под контролем организации, не зависящей от эксплуатирующей станцию электроэнергетической компании» (с. 321).

Контроль выбрасываемых АЭС радионуклидов никак нельзя считать достаточным с позиций обеспечения радиационной безопасности населения. Значительная часть выбрасываемых АЭС радионуклидов инструментально не контролируется вообще (выбросы альфа-излучателей, трития, радиоуглерода определяются расчетно, а не прямыми измерениями в реальном масштабе времени).

В прилегающих к АЭС районах регистрация выпадения радионуклидов (по крайней мере, в России) производится не в автоматическом режиме в реальном масштабе времени, а с запозданием на несколько суток — по анализу суммарных радиоактивных выпадений на планшетах. Факт колоссального чернобыльского выброса был инструментально зафиксирован более чем через сутки сначала не в СССР, а в Швеции и Финляндии (как и результаты менее крупной и до сих пор остающейся секретной аварии на Ленинградской АЭС в 1975 г.) [30]. Реальные уровни выбросов радионуклидов в Фукусиме были сначала получены не от оператора АЭС, а от анализа радионуклидов в автомобильных фильтрах и водопроводной воде в Японии и от международной системы обнаружения тайных атомных взрывов за тысячи километров от Фукусимы. Аварийные (и опасные для населения) выбросы радионуклидов, как показывает практика работы российских и зарубежных АЭС, сначала скрываются от населения.

Есть эффективный и надежный дистанционный метод контроля за

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>выбросами АЭС — радиолокационный. С помощью обыкновенного радиолокатора можно немедленно и за десятки километров от АЭС обнаруживать дополнительные выбросы по изменению интенсивности ионизации атмосферы — увеличению размеров «свечек» ионизированного воздуха, которые стоят над любой АЭС [31]. То, что этот простой и эффективный метод дистанционного контроля за деятельностью радиационно опасных предприятий (и АЭС в первую очередь) нигде не применяется, думаю, связано исключительно с противодействием атомщиков.</p> <p>После 2011 г., когда мировая печать в связи с катастрофой на АЭС «Фукусима Дайичи» привела немало фактов, когда государственные контролирующие организации находились в слишком «теплых» отношениях с индустрией. Поэтому слова Б. Комби о государственном контроле <i>«организации, не зависящей от эксплуатирующей станцию»</i> как серьезной гарантии безопасности, выглядят издевкой.</p>
<p>25. <i>«Даже очень серьезная авария на правильно построенной атомной электростанции, крайне маловероятная сама по себе, может вызвать очень ограниченные последствия. Они никоим образом не сравнимы с последствиями взрыва атомной бомбы»</i> (с. 349).</p>	<p>Хорошо, что Б. Комби не исключает <i>«серьезной аварии»</i> даже на <i>«правильно»</i> построенной АЭС. Плохо, что он повторяет сомнительное утверждение атомщиков о малой вероятности такой аварии. Все без исключения независимые от атомщиков анализы показывают, что вероятность серьезных аварий на АЭС гораздо выше, чем утверждают атомщики, да и жизнь показывает это.</p>

	<p>И уж совсем противоречит фактам утверждение об «очень ограниченных последствиях» таких аварий.</p> <p>Атомщики в своих расчетах сознательно или бессознательно существенно занижают вероятность аварий АЭС. В еще большей степени атомщики совершенно осознанно многократно занижают как реальные (как, например, на Чернобыльской АЭС и АЭС «Три Майл Айленд»), и возможные последствия таких аварий. Если бы это было не так, то зачем нужно было принимать специальное международное соглашение (Венская конвенция) об ограничении ответственности «оператора»? Можно согласиться с Б. Комби, что последствия аварии на атомной станции «не сравнимы с последствиями взрыва атомной бомбы», но они не меньше, как считает Б. Комби, а многократно масштабнее и страшнее. Взрыв Чернобыльской АЭС, например, эквивалентен по выбросу радиоактивности нескольким сотням хиросимских бомб.</p>
<p>26. «...нашими энергетическими приоритетами должны быть усовершенствование существующих ядерных реакторов.... разработка новых типов ядерных реакторов...» (с. 179, 180).</p>	<p>С атомщиками часто так бывает: они горячо защищают какую-то точку зрения, а потом случайным замечанием сами же показывают, что защищаемое ими положение — неправильно. Если «приоритетами должны быть» «усовершенствование существующих» и «разработка новых» реакторов, то это признание того, что существующие реакторы несовершенны и должны быть усовершенствованы или заменены какими-то другими.</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>27. <i>«...Специфичность и сложность соответствующих вопросов («требований к совокупности технических решений, обеспечивающих безопасность использования атомной энергии») исключают возможность грамотного суждения о них со стороны широкой общественности»</i> (с. 23, Ф. Митенков).</p>	<p>Согласиться с логикой, что у <i>«широкой общественности»</i> не может быть <i>«грамотного суждения»</i>, было бы ошибкой, в том числе потому, что:</p> <p>1) нельзя оставлять увлеченных специалистов без контроля: практика многократно доказала, что в своем профессиональном энтузиазме они всегда занижают риски и преувеличивают достоинства своих изобретений;</p> <p>2) о любой самой сложной технической проблеме можно рассказать понятно и неспециалистам. Такая популяризация полезна и специалистам, заставляя их отделять существенное от несущественного;</p> <p>3) пренебрегать общественным мнением — опасно и для специалистов, и для политиков, принимающих решения.</p>

В заключение главы о безопасности атомной энергетики надо упомянуть об угрозе намеренного разрушения АЭС, о которой нет ни слова в книге Б. Комби. Распространение АЭС безответственно с точки зрения невозможности их защиты от военных угроз и терроризма.

АЭС являются привлекательным объектом для террористов. Такой террористический акт может стать в наши дни страшной реальностью. В 1982 г. партизаны напали на АЭС в Южно-Африканской Республике. По-другому сложилась бы, наверное, новейшая история Прибалтики, если бы взорвалась граната, обнаруженная в мае 1999 г. у турбин Игналинской АЭС [28]. Если бы один из четырех самолетов, захваченных террористами «Аль-Каиды», 11 сентября 2001 г. в США долетел (как планировалось) до АЭС в Пенсильвании, новейшая история США пошла бы другим путем. Невозможно предусмотреть и предотвратить все, что может при желании террористов привести к опасной аварии на АЭС. Хорошая охрана, конечно, не допустила бы, чтобы сотрудники принесли на АЭС гранату (как это было в 1999 г. на Игналинской АЭС). Но вряд ли самая совершенная охрана сможет воспрепятствовать пуску ракеты за несколько километров от АЭС, предупредить дистанционное воздействие на электронику, защитить все линии электропередачи, и предотвратить много других намеренных катастрофических нарушений работы АЭС.

Не менее страшные последствия, чем взрыв самой АЭС, несет разрушение переполненных хранилищ отработавшего ядерного топлива. Радиологические последствия этого могут быть даже более страшными, чем разрушение самой АЭС, — в этих хранилищах находится больше твердых радиоактивных веществ, чем в самом реакторе.

Но кроме индивидуального, есть и государственный терроризм — АЭС являются идеальным оружием для врага. После публикации в США книги Б. Рамберга «Атомные станции как оружие для врага. Недооцененная военная угроза» (1980) в 1982 г. по заданию конгресса и правительства США были проведены расчеты числа возможных жертв от разрушения той или иной АЭС на территории США. По этим расчетам от аварии одного реакторного блока (только в течение первого года и только на территории радиусом в 30 км) в США может погибнуть до 400 тыс. человек, а ущерб составит сотни миллиардов долларов. Чернобыльская катастрофа подтвердила принципиальную правильность таких расчетов.

Впервые нападение на АЭС совершил Иран, разрушив недостроенный атомный центр около Багдада в 1980 г. В ответ Ирак разбомбил строящуюся иранскую АЭС в Бушере. На следующий год Израиль разбомбил Иракский атомный центр Озирак за месяц до его пуска. Ливия

подготавливала, но не осуществила атаку на израильский ядерный центр в Димоне. Африканские партизаны в 1982 г. совершили нападение на одну из АЭС в ЮАР. Этот неполный ряд примеров реальных военных действий не полон. В годы холодной войны АЭС были важнейшими целями для американских и советских ракет, поскольку ущерб от их разрушения много больше, чем от разрушения любых других сооружений, а радиоактивное загрязнение многократно превзойдёт то, которое возникает при взрыве атомной бомбы. Когда атомщикам говорят о террористической угрозе со стороны неприятельских государств, они наивно предлагают заключить международное соглашение, запрещающее военные действия в окрестностях АЭС! В 1980 г. Швеция предложила ввести в Женевскую конвенцию 1949 г. статью, приравнивающую нападение на АЭС к применению радиологического оружия (СССР, США и другие «атомно-оружейные» страны выступили против).

Молчание Б. Комби (как и других проponentов атомной энергетики) по поводу опасности атомного терроризма неслучайно: террористическая угроза стала в наше время важнейшим дополнительным аргументом ПРОТИВ развития атомной энергетики, поскольку никакого приемлемого ответа на эту угрозу не существует, против терроризма эффективных средств защиты нет. Даже идеально работающая атомная энергетика неприемлемо опасна в нашем реальном мире, где есть (и в обозримом будущем всегда будут) террор и войны.

Хорошо сказал известный антиядерный активист Г. Лукашин: *«Говорить о повышении безопасности ядерных реакторов все равно что о снижении опасности цианистого калия»* [36].

Источники

1. Аврорин Е.Н. 2002. О необходимости атомной энергетики// Вестн. Уральского отд. РАН. Наука. Общество. Человек. Вып. 1. Екатеринбург, сс. 24–27.
2. Генсек ООН призвал повысить стандарты надежности АЭС //http://ecportal.su/news.php?id=56668.
3. Соловьев С.П. 1992. Аварии и инциденты на атомных электростанциях. Учеб. пос. по курсам «Атомные электростанции», «Надежность и безопасность АЭС». Обнинск, 290 с.
4. Календарь ядерной эры. 2010. ГРИНПИС России //http://www.greenpeace.org/russia/ru/press/reports/copy-of-5/.
5. Все простое — правда. Афоризмы и изречения П.Л. Капицы, его любимые притчи, поучительные истории, анекдоты. 1994. Рубинин П.Е., ред. М., 152 с.

6. *Макнейл Д.* 2011. Почему катастрофа в Фукусиме хуже чернобыльской. InoPressa. 1.01.2011//<http://www.inopressa.ru/article/01Sep2011/independent/fukushima.html>.
 7. Fukushima caesium leaks 'equal 168 Hiroshimas'//Independent. 2011.25.08. //<http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/asia/japan/8722400/Fukushima-caesium-leaks-equal-168-Hiroshimas.html>.
 8. *Яблоков А.В., Нестеренко В.Б., Нестеренко А.В., Преображенская Н.Е.* 2011. Чернобыль: последствия катастрофы для человека и природы. Киев: Универсаріум, 592 с.
 9. Nur wenige Minuten vor dem GAU// Taz. 2006. 03.08. //<http://www.taz.de/1/archiv/archiv/?dig=2006/08/03/a0135>.
 10. *Мокрзускі М.*, 1998. Tornado causes scare at nuclear plant. The Associated Press. 19.07.1998. (http://www.enquirer.com/editions/1998/07/19/loc_nuke19.html).
 11. *Яблоков А.А.* 2000. Миф о безопасности атомных энергетических установок. М.: ЦЭПР, 88 с. //<http://www.rus-green.ru/publications>.
 12. *Sullivan J.* 2011. Nuke Plant Inspections Find Flaws in Disaster Readiness. ProPublica. 29.06.2011.//<http://www.propublica.org/article/nuke-plant-inspections-find-flaws-in-disaster-readiness>).
 13. *Киреева А.* 2009, Атомные ледоколы никогда не строились только для коммерческой эксплуатации, «Беллона». 2009.20.08. //http://bellona.ru/articles_ru/articles_2009/1250769491.72.
 14. *Кузнецов В.М., Чеченов Х.Д.* 2008. Российская и мировая атомная энергетика. М.: Изд. МГУ, 765 с.
 15. *Ярошинская А.А.* 1996. Ядерная энциклопедия. М.: Благотворительный фонд Ярошинской, 656 с.
 16. *Johnston W.R.* 2011. Database of Radiological Incidents and Related Events //<http://www.johnstonsarchive.net/nuclear/radevents/index.html>.
 17. Mother Nature sends warning as earthquake strikes where reactors sit. Beyond Nuclear Press release. 23.08.2011 //<https://www.commondreams.org/newswire/2011/08/23-7>.
 18. МАГАТЭ. 2004. Рассеяние радиоактивных материалов в воздухе и воде и учет распределения населения при оценке площадки для атомных электростанций: Руководство по безопасности. Сер. норм безопасности No NS-G-3.2, STI/PUB/1122. Вена, //http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1122r_web.pdf.
 19. *Субботин В.И.*, 1995. Размышления об атомной энергетике. М., 130 с.
 20. *Феоктистов Л.П.* 1999. Оружие, которое себя исчерпало. М.: Рос. комитет «Врачи мира против ядерной войны», 247 с.
 21. Письмо Димитровградской инспекции Госатомнадзора от 22.08.1997 г. № ДИ-03/198 в Управление Центрального округа Госатомнадзора (цит. по М.А. Пискунову [27]).
-

22. *Мурогов В.М.* 1998. Назрела необходимость создать международный фонд ядерного разоружения// *Ядерный контроль*. № 5, сс. 5–16.
23. Авария на АЭС Три Майл Айленд// Википедия // <http://ru.wikipedia.org/wiki/>.
24. *Яблоков А.В.* 2002. Миф о безопасности малых доз радиации. ЦЭПР, М. 180 с. // <http://www.rus-green.ru/publications>.
25. *Bear D.* 2011 bearonweb@cox.net. Письмо А. Яблокову 21 августа 2011 г.//
26. *Guldner R.* 2003. Potential of Light Water Reactors for Future Nuclear Power. (<http://www.world-nuclear.org/sym/2003/guldner.htm>).
27. *Пискунов М.А.* csgi@vinf.ru. Письмо А. Яблокову от 7 августа 2011 г.//
28. *Яблоков А.В.* 2000. Миф о безопасности атомных энергетических установок. М.: ЦЭПР, 88 с. <http://www.rus-green.ru/publications>.
29. *Адамов Е.* 1999. Выступление на ежегодной конференции ядерного общества России в Обнинске 28 июня 1999 г.// *Атомпресса*. № 22, с. 1.
30. Список недавних аварий и происшествий на АЭС России и мира. 19.08.2008. // <http://otherworld.nnover.ru/zhizni-net/4048057.html>.
31. *Елохин А. П., Кононов Е.Н.* 1996. Применение радиолокационных станций для обнаружения радиоактивных выбросов в атмосферу// *Атомная энергия*. Т. 80 (1), сс. 47–54.
32. Письмо Г. Лукашина А. Яблокову 3 августа 2011 г. atomgulag@mail.ru
33. Recent nuclear accidents — the industry hasn't learned from Chernobyl// 2009. Chernobyl 25 Years. Factsheets. Greenpeace Int., Amsterdam, 18 p.
34. *Качанов В.* 2006. Когда необходимо дуть на воду. Сайт Энерго-Атом (Украина). // http://www.energoatom.kiev.ua/ru/media/nnegc.html?_m=pubs&_t=rec&id=13773.

Глава 2. Проблема радиоактивных отходов не решена

Более пятидесяти лет назад, с самого начала развития атомной индустрии, атомщики обещают «в самом ближайшем будущем» решить проблему хранения долгоживущих радиоактивных отходов. И все эти тысячи обещаний остаются не выполненными, ненаучной фантастикой, маниловщиной. Атомная отрасль — одна из немногих областей человеческой деятельности, которая не может «убрать за собой».

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>1. <i>«Нам надо научиться управлять радиоактивными отходами и регенерировать отработанное ядерное топливо. Именно так дело обстоит во Франции, Великобритании, Германии, Бельгии и Японии, но пока еще не так в Соединенных Штатах и Канаде»</i> (с. 352).</p>	<p>В одной фразе несколько ошибок.</p> <p>1. Бельгия, Япония и Германия отправляли свое отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) на переработку в Великобританию и Францию, поэтому считать, что они «<i>научились</i>» перерабатывать ОЯТ — странно.</p> <p>2. США и Канада давно умеют перерабатывать ОЯТ, но приняли решение его не перерабатывать. Канада от переработки ОЯТ отказалась потому, что у нее много дешевого природного урана, а США — по принципиальным соображениям: для того чтобы не увеличивать риск распространения плутония и не нарабатывать дополнительно большие объемы радиоактивных отходов.</p> <p>3. Европейский союз официально несколько лет назад выражал протест против сброса Францией и Великобританией жидких радиоактивных отходов в Северную Атлантику. А утверждение Б. Комби, что Франция и Великобритания научились «<i>управлять радиоактивными отходами</i>», зву-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>чит, мягко говоря, двусмысленно: получается, что «управление» — это выкидывание собственного мусора за забор к соседу.</p> <p>4. Не только в перечисленных странах, но ни в одной другой стране мира за 60 лет существования атомной энергетики так и не удалось найти приемлемого решения проблемы захоронения долгоживущих радиоактивных отходов. Все тысячекратно сделанные заявления атомщиков, что эта проблема «чисто техническая» и будет «вот-вот решена», оказались в лучшем случае ошибочными (скорее, откровенным обманом, поскольку атомщики лучше нас знали, что нет ни технологий, ни конструкционных материалов для обеспечения безопасной изоляции долгоживущих РАО, хотя бы на несколько тысяч лет, не говоря уже о полном сроке их опасности).</p>
<p>2. <i>»...атомные электростанции производят радиоактивные отходы, которые должны быть переработаны или храниться под тщательным контролем долгое время, хотя объем этих отходов невелик» (с. 172).</i></p>	<p>В одной фразе три ошибочных (или по меньшей мере очень спорных) положения.</p> <p>1. Самые опасные отходы АЭС — отработавшее ядерное топливо — вовсе необязательно «должны быть» переработаны. В мире переработано не больше сотой доли образовавшегося на АЭС к 2010 г. более 300 тыс. т ОЯТ (ежегодно это количество увеличивается на 10 тыс. т). Атомщики часто утверждают, что ОЯТ — это не отходы, а ценное сырье, из которого в будущем можно получать плутоний и уран-235. На этот аргумент есть контраргумент:</p>

только очень небольшую часть ОЯТ, которое перерабатывается, можно не считать отходами. Большая часть образующегося ОЯТ, которая недоступна для переработки в обозримом будущем (по разным причинам, в том числе технологическим и экономическим), — это настоящие высокорadioактивные отходы. Говорить о том, что они будут переработаны, никто из современников не имеет права, потому что нельзя принимать решения за грядущие поколения.

2. «Долгое время», когда плутоний-239 и плутоний-240 в ОЯТ будут опасными и требуют *«тщательного контроля»*, для первого — более 240 тыс. лет, для второго — более 65 тыс. лет. Атомная энергетика производит такие отходы своей деятельности, за которыми придется присматривать (*«тщательно контролировать»*) тысячам грядущих поколений. Есть ли у нас моральное право портить жизнь бесконечной череде будущих поколений? Имеем ли мы моральное право поддерживать такую технологию, которая несет угрозу благополучию человечества?

3. Некорректно считать, что объем радиоактивных отходов от деятельности АЭС *«невелик»*. Для того чтобы работала АЭС, нужно добыть уран а значит, получить миллионы тонн отвалов на рудниках или загрязнить геологические горизонты (при подземном выщелачивании урана). При изготовлении из добытого урана топлива для АЭС образуется огромное количество жидких и твердых радиоактивных отходов. При работе АЭС образуются огромные объемы газо-

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>образных и аэрозольных радиоактивных отходов. Наконец, весьма значительный объем РАО получается при разборке отработавшей свой срок самой АЭС. По количеству отходов на единицу продукции атомная энергетика, пожалуй, занимает первое место не только среди всех других способов производства электроэнергии, но и вообще среди всех отраслей промышленного производства.</p>
<p>3. <i>«Продукты ядерной реакции — радиоактивные отходы не рассеиваются в окружающей среде, а тщательно изолируются от нее»</i> (с. 95).</p> <p>4. <i>«...гражданская ядерная энергетика с сопутствующими ей минимальными рисками и ограниченным количеством надежно локализованных ядерных отходов находится на службе жизни и человечеству...»</i> (с. 183).</p>	<p>Заявлять, что <i>«радиоактивные отходы не рассеиваются в окружающей среде, а тщательно изолируются»</i>, — это не просто неправда, а очень большая неправда.</p> <p>Криптон-85 и углерод-14, выбрасываемые в больших количествах самой АЭС и при переработке ОЯТ, распространяются по все земной атмосфере. Радиоактивный водород — тритий — обнаруживается вокруг всех АЭС в грунтовых водах.</p> <p>Вокруг ЛЮБОЙ АЭС на расстоянии нескольких десятков километров можно обнаружить радионуклиды, возникшие в атомном реакторе в результате деления ядра урана (вышедшие из всегда имеющихся поврежденных тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов), либо радионуклиды, возникшие в результате бомбардировки нейтронами элементов конструкции реактора и первого контура.</p> <p>Трагический опыт Фукусимы наглядно показал справедливость многолетних опасений экологов и по поводу безответственно легкомысленного</p>

	<p>хранения больших количеств отработавшее ядерного топлива рядом с атомными реакторами: пристанционное хранилище ОЯТ оказалось-таки мощным дополнительным источником опасного радиоактивного загрязнения.</p>
<p>5. «Атомные электростанции не вводят в экосистемы в сколько-нибудь значительных количествах новой радиоактивности или химических веществ» (с. 95).</p>	<p>Это утверждение опровергают данные самого Б. Комби: из таблицы, которую он сам же приводит в своей книге на с. 203, видно, что за год работы в одном атомном реакторе мощностью 1000 МВт, вырабатывающем 6,6 млрд кВт · ч электроэнергии, возникает в ходе атомных реакций радионуклидов общей активностью 4×10^{14} Бк, что в миллион раз (на 6 порядков) больше, чем выбрасывают угольные электростанции, и в 10 млн раз больше, чем выбрасывают мазутные такой же мощности. Не надо забывать, что радионуклиды из атомных реакторов — новые, их не было в биосфере до начала работы атомного реактора, тогда как радионуклиды из мазута и угля лишь перемещенные в биосфере с одного места на другое.</p> <p>Теперь чуть подробнее о том, сколько радионуклидов «<i>вводят в экосистемы</i>» АЭС. Радионуклиды, о которых шла речь выше, содержатся в ОЯТ. Если ОЯТ не перерабатывать, то из них только меньшая часть (долгоживущие РАО) в конце концов попадут в экосистемы. Но в таблице Б. Комби не учитываются непосредственные газоаэрозольные выбросы в экосистемы от любой АЭС. В среднем на один реактор типа ВВЭР мощностью 1000 МВт в СССР в 1990-е гг. приходилось пример-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>но по 0,4 Ки/сут ($3,3 \times 10^{13}$ Бк в год) таких газоаэрозольных радиоактивных выбросов [1]. Реактор типа РБМК такой же мощности дает выбросов на два порядка больше.</p> <p>Получается, что даже без учета новой радиоактивности, содержащейся в ОЯТ (и до поры до времени как-то удерживаемой оболочками ТВЭЛов и другими барьерами), атомные электростанции вводят в экосистемы на 5–6 порядков больше всех радионуклидов, чем огневая (тепловая) энергетика.</p>
<p>6. <i>«Если перевести в стекловидное состояние все высокорadioактивные отходы, образовавшиеся почти за полвека работы всех 58 атомных электростанций Франции, то их общий объем составит около 3000 куб м (объем куба со стороной менее 15 м)»</i> (с. 105).</p> <p>7. <i>«Общий объем остеклованных ядерных отходов во Франции за все минувшее столетие составил приблизительно 3000 м³ (объем трех кубов со стороной 10 м)»</i> (с. 110).</p>	<p>Б. Комби жонглирует мифическими цифрами. Продолжим это жонглирование: для получения небольшого куба высокоактивных отходов «со стороной менее 15 м.» придется произвести на свет низко— и средне-радиоактивные отходы, которые займут площадь куба со стороной около 15 км. Если распределить этот объем равномерно, то вся территория Франции окажется покрыта слоем радиоактивных отходов толщиной около 1 см.</p> <p>Перевод высокоактивных РАО «в стекловидное состояние» принципиально не решает проблемы захоронения — стеклянная масса трескается со временем под влиянием тепла и радиоактивного облучения, и радионуклиды могут попасть в окружающую среду.</p>

<p>8. «Простое захоронение этих (высокоактивных РАО. — А.Я.) отходов в подходящем месте под землей в глинистом слое делает их безвредными» (с. 110).</p>	<p><i>«Простое захоронение... под землей ...делает их безвредными»</i> — именно так говорят атомщики больше 50 лет. На безрезультатные поиски такого <i>«подходящего»</i> места, которое обеспечило бы безопасность высокоактивных РАО на весь период их опасной радиоактивности, в разных странах потрачены многие миллиарды долларов. Строящиеся подземные хранилища в Швеции и Финляндии (и планируемые во Франции, США, Великобритании, Японии и России) рассчитаны не на ЗАХОРОНЕНИЕ, а на ХРАНЕНИЕ РАО на первые столетия. Как поведут себя материалы оболочек, в которые заключены РАО за это время, никому не известно. Напомню, что даже стальная, толщиной до 20 см, стенка реактора становится через какое-то время хрупкой под влиянием облучения.</p> <p>Получается, что проблему безопасного обращения с РАО атомщики перекладывают на следующие поколения. Такое «решение» вряд ли можно считать приемлемым.</p>
<p>9. «Около 97 % отходов регенерируются и возвращаются в цикл. Это дорогостоящее, но экологически выгодное решение, потому что в итоге остается только 3 % от первоначального объема отходов» (с. 107).</p>	<p>Голубая мечта атомщиков — создание так называемого замкнутого ядерного топливного цикла, в котором побывавшее однажды в реакторе и отработавшее атомное топливо перерабатывается (<i>«регенерируется»</i>): образовавшиеся там плутоний и уран-235 выделяются и используются вновь. Для такого цикла нужны реакторы, которые могли бы использовать уран-плутониевое топливо (МОКС-топливо). Эксперименты по использованию МОКС-топлива в обычных</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>реакторах дают неоднозначные результаты (может нарушаться устойчивость работы реакторов, т. е. повышается их опасность, — увеличиваются газоаэрозольные радиоактивные выбросы и др.). Написав о регенерации 97 % образующегося ОЯТ, Б. Комби желаемое выдает за действительное. В мире перерабатывается не более 25 % (в России — 15%).</p> <p>Б. Комби прав, говоря о дороговизне переработки: стоимость переработки ОЯТ в среднем в мире составляет около 500 евро за один килограмм тяжелого металла.</p> <p>Огромной трудностью становится получение чистого, свободного от примесей других долгоживущих радионуклидов, урана и плутония после второй регенерации.</p> <p>По-видимому, даже чисто технологически, без резкого увеличения степени опасности атомной энергетики и удорожания топлива использование МОКС-топлива окажется бесперспективным.</p>
<p>10. <i>«Они (долгоживущие РАО. — А.Я.) не выброшены в окружающую среду, а тщательно упакованы. Они безвредны для человека и биосферы, если их захоронение произведено под землей на глубине всего в несколько метров»</i> (с. 109).</p>	<p>Заявлять о безопасности захоронения долгоживущих РАО <i>«на глубине всего нескольких метров»</i> — безответственно. Не решенную во всем мире проблему захоронения РАО Б. Комби представляет в карикатурном виде.</p>

<p>11. «Если отходы, независимо от степени их радиоактивности, хранятся под землей на глубине более 10 метров, абсолютно никакие ионизирующие излучения от этих отходов не могут достигнуть поверхности» (с. 119).</p>	<p>Во-первых, не найдено конструкционных материалов, которые оставались бы устойчивыми на протяжении тысячелетий (период полураспада плутония — десятки тысяч лет).</p> <p>Все металлы, керамика, бетон и другие вещества разрушаются под влиянием облучения и внешних факторов.</p> <p>Во-вторых, на планете нет ни одного (не найдено «во всяком случае» до сих пор) какого-либо места, где горные породы были бы стабильными на протяжении хотя бы нескольких столетий. Небольшие землетрясения, постоянные потоки подземных вод и т.д. присутствуют везде. США, Великобритания, Франция, Германия потратили много миллиардов долларов на поиск геологически стабильных мест и не нашли их. Все подземные хранилища ОЯТ, которые строятся или построены, в Швеции Финляндии, Германии, Франции и России, рассчитаны на ВРЕМЕННОЕ хранение долгоживущих ядерных отходов.</p> <p>Атомщики перекладывают заботу о продуктах жизнедеятельности своей отрасли на плечи будущих поколений.</p>
<p>12. «Объем первоначально высокорadioактивных остеклованных отходов в расчете на одного жителя Франции, всю жизнь потребляющего электроэнергию, 80 % которой — ядерного происхождения, равен мячу для гольфа (около 40 мм в диаметре)» (с. 121).</p>	<p>Малоинформативно характеризовать опасные вещества по объему — гораздо правильнее, например, по числу смертельных доз. В объеме одного мячика для гольфа может содержаться 5 кг плутония. Этого количества плутония (при условии индивидуального распределения) хватит, чтобы смертельно отравить все 7 млрд человек.</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>13. <i>«Методы хранения радиоактивных отходов должны быть определены в предстоящие годы. Наша непреложная обязанность — решить проблемы обращения с ядерными отходами и не перекладывать ее на плечи следующих поколений. У нас есть время на разработку и совершенствование безопасных методов хранения, гарантирующих должную упаковку и не увеличивающих значимо уровень естественной радиоактивности»</i> (с. 118).</p>	<p>То, что <i>«методы хранения... должны быть определены в предстоящие годы»</i>, атомщики говорят на протяжении не меньше 50 лет. За это время эти методы так и не были <i>«определены»</i>. Возникает вопрос а есть ли такие методы?</p> <p>Под давлением атомного лобби Евросоюз отложил в июле 2011 г. создание структур по захоронению долгоживущих РАО на 40 лет [3], признав тем самым, что нет пока приемлемых методов безопасного обращения с долгоживущими РАО, — как раз и <i>«переложил ее на плечи следующих поколений»</i> (против чего на словах ратует Б. Комби).</p> <p>Нелзя согласиться со словами Б. Комби: <i>«У нас есть время на разработку и совершенствование безопасных методов хранения...»</i> — количество переработанных РАО в мире стремительно растет.</p>
<p>14. <i>«Даже если бы эти ядерные отходы были равномерно распределены по планете... они бы заметно не увеличили средний уровень радиоактивности на поверхности земного шара»</i> (с. 118).</p>	<p>Средний уровень радиоактивности на поверхности планеты составляет 0,3–0,6 мЗв/год (5–30 мкР/ч).</p> <p>Расчетная дополнительная радиационная нагрузка от внешнего гамма-облучения в результате газоаэрозольных выбросов АЭС в 1970-е г. была действительно вроде бы ничтожной — около 0002 мЗв/год. Но эти расчеты не учитывают:</p> <p>— дополнительное внутреннее облучение (радионуклиды попадают в наш организм через легкие, пищу и воду);</p>

— облучение не только от гамма-, но и от альфа— и бета-радионуклидов, генерируемых атомными реакторами,

— выбросы не только от штатно работающих АЭС, но и от всего ядерно-топливного цикла (ЯТЦ), включая добычу урана, производство ядерного топлива, разборку отслуживших АЭС;

— увеличение радиоактивности не только от газоаэрозолей, но и от жидких сбросов, и главное — от образующегося ОЯТ;

— дополнительные к штатным аварийные выбросы, которые, как показали Кыштым, «Три Майл Айленд», Чернобыль и Фукусима, могут быть огромными.

Эти выбросы кратно увеличатся, если начнется, как планируют атомщики, масштабная переработка (регенерация) ОЯТ. Эти выбросы увеличатся, если число АЭС в мире будет расти.

Ну и наконец, напомним об обманчивости средних цифр: для любого из нас важна не ничтожная средняя дополнительная радиационная нагрузка на биосферу, а конкретная величина и форма дополнительного облучения. Наглядный, образный аналог этой ситуации приводит К. Басби: большая разница для здоровья, получаете ли вы одно и то же количество тепловой энергии, греясь у камина или проглотив раскаленный уголек [4].

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>15. <i>«Очень слабо радиоактивная сталь, демонтированная на атомных электростанциях, могла бы вторично использоваться для изготовления рельсов, арматуры железобетона или кузовов автомобилей. Подобного рода утилизация металла была бы допустима, только если гамма-излучение очень мало и не превышает уровня естественной радиации, то есть предельная радиоактивность должна быть около 500 Бк/кг. В этом случае доза радиации, получаемая водителем изготовленного из такой стали автомобиля, была бы примерно такой же, что и доза от естественной радиоактивности окружающей среды»</i> (с. 115, 116).</p>	<p>Не вполне понятно, ради чего надо делать машины из радиоактивного металла и увеличивать тем самым дозу антропогенного облучения (и так во многих регионах опасно высокую даже по современным либеральным для атомщиков нормам радиационной безопасности). Даже по этим либеральным нормам предлагаемый в качестве безопасного Б. Комби уровень загрязнения металла (0,5 кБк/кг) в Германии, Великобритании (и даже России) считается опасным [5].</p> <p>Слабореактивный металл можно безопасно использовать только после переплавки (деактивации), но его стоимость при этом увеличится.</p>
<p>16. <i>«Атомная электростанция производит примерно 15 кубометров твердых радиоактивных отходов в год, большая часть которых имеет короткий срок жизни, и эти отходы частично могут быть регенерированы»</i> (с. 203).</p>	<p>Любая АЭС производит ежегодно десятки тонн ОЯТ, которое в большинстве стран считается отходами, поскольку его даже не планируется перерабатывать (например, в США, Германии, Швеции, Швейцарии, Испании, Финляндии и других странах). Там же, где некоторая часть ОЯТ перерабатывается («регенерируется») в небольших масштабах (например, в России, Франции, Великобритании, Японии, Китае, Индии), при переработке возникает огромное количество не только отходов с «коротким сроком жизни», но и долгоживущих отходов, которые будут опасно активны практически вечно.</p>

<p>17. «Атомная станция практически не загрязняет атмосферу» (с. 203).</p>	<p>Это утверждение Б. Комби неверно: АЭС загрязняет атмосферу и физически, и химически. Физически — ионизацией воздуха и изменением его электропроводности. На экранах радиолокаторов за десятки километров от любой АЭС видны огромные «свечки» ионизированного воздуха. А выбросы огромного количества радиоактивного криптона-85 (период распада более 100 лет) ведут к увеличению электропроводности атмосферы всей планеты.</p> <p>Химическое загрязнение определяется штатными выбросами в атмосферу десятков разных радиотоксических веществ. Некоторые из этих химических веществ прослеживаются на много километров вокруг любой АЭС.</p>
<p>18. «Радиоактивные отходы имеют значительные экологические преимущества по сравнению с химическими отходами (типа ДДТ, например):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Радиоактивные отходы изолированы, в то время как химические рассеиваются в окружающей среде. 2. Радиоактивность ядерных отходов естественным путем уменьшается во времени, тогда как стабильные ядовитые химические вещества сохраняют свою токсичность и опасные свойства неопределенно долго. 3. Объем токсичных химических веществ, которые каждый год сбрасываются промышленностью и сельским хозяйством в окружающую среду, в тысячи раз превышает 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неверно, что «радиоактивные отходы изолированы»: атомная индустрия — источник отходов, которые распространяются глобально (например, криптон-85, цезий-137, тритий, радиоуглерод и радиойод) и которые невозможно «изолировать». 2. Формально Б. Комби прав, написав: «Радиоактивность ядерных отходов естественным путем уменьшается во времени...». Но если эта активность уменьшается каждый год незначительно и практически сохраняется на века и тысячелетия (например, радиоуглерод остается радиоактивным 57 тыс. лет, технеций — 2 млн лет, йод-129 — 170 млн лет), то для человечества нет разницы между физически «стабильными ядовитыми» и долгоживущими радиотоксичными веществами.

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p><i>объем радиоактивных отходов, которые должным образом хранятся и контролируются» (с. 120, 121).</i></p>	<p>Б. Комби приводит в своей книге на с. 122 график под названием «Уменьшение со временем радиоактивности ядерных отходов». Из этого графика видно, что на протяжении 10 тыс. лет общая активность РАО, получаемых после переработки ОЯТ (такая переработка составляет неперенное звено «замкнутого» ЯТЦ), будет выше активности урановой руды (см. рис. 15 в приложении).</p> <p>3. «Объем» и «радиоактивность» — разноразмерные физические характеристики, которые некорректно сравнивать. Масса (объем) вещества может быть очень большой при низкой общей радиоактивности, и уровень радиоактивности может быть очень высоким для малой массы вещества. Б. Комби прав в том, что меньшую массу вещества легче изолировать, но по отношению к высокоактивным РАО не найдено способов надежной и длительной (на протяжении времени их физического распада) изоляции.</p>
<p>19. <i>«Отработанное ядерное топливо, извлеченное из реактора, обычно хранится на атомных электростанциях под водой в специально спроектированных бассейнах в течение года. За время этого «охлаждения» радиоактивные продукты деления распадаются, и остаточное тепловыделение снижается...» (с. 311).</i></p>	<p>В результате расщепления атомов урана в реакторе АЭС радиоактивность топлива уже через год <u>возрастает</u> в 100 млн раз. Через год после выемки ОЯТ из реактора его активность за счет естественного распада короткоживущих радионуклидов <u>сокращается</u> в 10–12 раз. Только через 20 лет хранения радиоактивность ОЯТ сократится в 100 раз, а через 30 лет — в 140–220 раз, и дальше будет медленно уменьшаться в течение многих сотен лет. Формально правильное утверждение Б. Комби о</p>

	<p>снижении со временем радиоактивности (и тепловыделения) звучит успокоительно — и поэтому некорректно! — опасным ОЯТ будет оставаться практически вечно (тысячелетия).</p> <p>Экологи давно — десятилетия — обращают внимание атомщиков на огромную опасность пристанционного хранения ОЯТ. Катастрофа в 2011 г. на японской АЭС «Фукусима Дайичи» показала справедливость этих опасений. Здесь бассейн с ОЯТ на одном из атомных блоков стал источником колоссального радиоактивного загрязнения окружающей среды.</p> <p>Замечу, что в ходе выдержки ОЯТ не все радионуклиды сразу распадаются: количество некоторых радиоактивных осколочных элементов (например, палладия, ниобия, самария, гадолиния) в первые десятилетия возрастает.</p> <p>Б. Комби пишет, что ОЯТ хранится в бассейнах выдержки «обычно» «в течение года» ОЯТ. Практика же показывает, что ОЯТ хранится в бассейнах выдержки много больше (десятки лет) просто потому, что его некуда девать: перерабатывается (подвергается «регенерации») незначительная часть от общего количества образованного ОЯТ, а безопасное захоронение представляет практически нерешенную задачу.</p>
<p>20. <i>«Мы кричим об отходах от переработки ядерного топлива, ...да нам следовало бы использовать такие отходы для эффективной охраны красивейших мест на Земле. Кто посмел бы вырубать лес, в котором находится хранилище отходов...»</i> (с. 44, Дж. Лавлок).</p>	<p>Трудно воспринять всерьез идею Дж. Лавлока об использовании высокоактивных РАО для защиты «красивейших мест на Земле». В результате такой «защиты» эти места потеряют свою привлекательность (не говоря уже о неизбежной трансформации этих самых красивейших мест в результате мута-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>генного влияния дополнительного излучения на окружающую живую природу). Впрочем, эту идею — использование опасных РАО как барьеров защиты — развил несколько лет назад скандальный российский политик В. Жириновский. В телевизионной дискуссии со мной об опасности ОЯТ он предложил поместить высокорadioактивные РАО на границу России с Китаем. Впрочем, наивно думать, что никто бы не «посмел» нарушить такую радиоактивную охрану: и радиоактивные черномыльские леса тайно вырубаются, и радиоактивный металлолом с Чернобыльской АЭС растаскивается и продается. Даже РИТЕГи (radioактивные термоэлектрогенераторы для автономного снабжения электроэнергией маяков) «раскурочивают», несмотря на смертельную опасность этого [7].</p>
<p>21. <i>«После переработки и возврата в цикл облученного ядерного топлива остается только 0,1 миллиграмма отходов высокого уровня радиоактивности (на кВт·ч. — А.Я.). <u>Эти отходы не выбрасываются в окружающую среду, а тщательно обрабатываются, упаковываются, сохраняются и контролируются. Их радиоактивность со временем уменьшается, и эти отходы становятся безвредными»</u></i> (выделено Б. Комби. — А.Я.) (с. 77).</p>	<p>Перерабатывается лишь малая часть ОЯТ, образующегося на АЭС мира, еще меньшая часть <i>«возвращается в цикл»</i>. В годы холодной войны ОЯТ перерабатывалось с целью получения плутония для начинки атомных бомб. Сегодня большой проблемой является мирная утилизация этого накопленного в СССР/России и США плутония (этого плутония хватит для многократного уничтожения всего живого на земле). Да, полученный из ОЯТ уран и плутоний можно использовать в производстве МОКС-топлива для реакторов на быстрых нейтронах (которыми атомщики планируют заменить в будущем</p>

	<p>существующие реакторы на тепловых нейтронах, см. гл. 13).</p> <p>Но куда девать то огромное количество других высокоактивных радионуклидов, которые при этом образуются? Б. Комби настраивает читателя на их малость, оперируя миллиграммами на кВт · ч. Мне кажутся более наглядными цифры того, сколько радионуклидов остается (за вычетом урана и плутония) от переработки одной тонны ОЯТ (в одном реакторе мощностью 1000 МВт обрывается каждый год около 30 т ОЯТ): цезия-137 — около 1,5 кг, изотопов палладия — около 1 кг, технеция-99 — около 800 г, стронция-90 — около 500 г, нептуния-237 — около 500 г, америция-241 и -243 — около 300 г, йода-129 — около 200 г, а также десятки граммов радиоизотопов самария, селена, циркония и других элементов. В табл. 4, 12 в приложении приведен перечень основных радионуклидов, определяющих радиационную опасность ОЯТ на протяжении тысяч лет после его образования. Большинство этих радионуклидов практически не было в современной биосфере до развития атомной индустрии.</p>
<p>22. <i>«Особенно подходящими для хранения таких отходов (долгоживущих РАО. — А.Я.) могли бы быть подземные слои в несколько сотен метров глубиной, поскольку в глубоких геологических формациях нет жизни и, следовательно, излучению не на что губительно воздействовать»</i> (с. 113).</p>	<p>Неверно, что на глубине сотен метров <i>«нет жизни»</i>. Нижняя граница биосферы — сферы жизни — находится на глубинах в несколько километров. При захоронении РАО в глубинных слоях опасность не только в облучении живущих там микроорганизмов, но и в невозможности обеспечить надежную изоляцию радионуклидов на протяжении многих сотен и тысяч лет.</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>Нет надежных оболочек для емкостей с радионуклидами, и везде в земной коре присутствуют подвижные подземные воды [6].</p>
<p>23. «Реальная стоимость будущих хранилищ (для ОЯТ. — А.Я.) в точности неизвестна, тогда как стоимость существующей технологии переработки ясна. Переработка дорога, но предпочтительнее с точки зрения защиты окружающей среды, поскольку 97 % материала возвращается в топливный цикл» (с. 112).</p>	<p>С точки зрения «защиты окружающей среды» переработка ОЯТ значительно опаснее, чем захоронение (хотя действительно «реальная стоимость будущих хранилищ в точности неизвестна»), и ясно, что стоимость подземных хранилищ даже для среднесрочного хранения ОЯТ составляет сотни миллионов (если не миллиарды) долларов. И тем не менее переработка может быть дороже, если учесть, что в ходе переработки образуется не только уран и плутоний (которые можно повторно использовать в МОКС-топливе), но и огромное количество радиоактивных отходов (которые надо куда-то и как-то безопасно захоранивать). Поэтому непонятно, почему считать переработку «предпочтительнее». 97 % «материала» (урана и плутония) нигде и никогда не «возвращаются в топливный цикл» — Б. Комби в который раз выдает желаемое за действительное. И в прошлом, и сейчас килограмм свежего (полученного из руды) урана стоит дешевле, чем переработанного, и в обозримом будущем эта ситуация, скорее всего, сохранится.</p> <p>Переработка ОЯТ — одно из самых экологически грязных звеньев всего ядерно-топливного цикла, и считать ее «предпочтительнее с точки зрения защиты окружающей среды» — это выдавать черное за белое.</p>

Есть два «преимущества» у радиоактивных отходов перед химическими: РАО не пахнут и их не видно. На самом деле эти преимущества скорее являются недостатками — человеку труднее оценить масштабы такой незаметной опасности.

Понимая, что практического решения проблема безопасного хранения образующихся в атомных реакторах долгоживущих радиоактивных отходов не имеет (и ее не просматривается в обозримом будущем), атомщики — как наглядно демонстрируют высказывания Б. Комби — упирают на то, что поскольку объем таких отходов невелик, то и проблема не особенно большая. Но нельзя сравнивать физические величины разных размерностей (объем и радиоактивность), научно некорректно и сравнивать величину радиоактивности РАО с общей величиной радиоактивности биосферы (для безопасности важна концентрация радиоактивности в данном месте и в данное время). И безответственно отмахиваться от вопроса о необходимости обеспечения безопасности постоянно образующихся в атомных реакторах отходов на протяжении грядущих сотен и тысяч лет.

Атомщики стыдливо замалчивают проблему нерешенности обеспечения безопасности образующихся радиоактивных отходов и перекладывают решение этого вопроса на будущие поколения. Атомная индустрия уже только из-за проблемы долгоживущих РАО опасна для существования человечества.

Источники

1. *Меньшиков В., Якимец В.* 1996. Отработавшее ядерное топливо: масштабы и проблемы. Ядерная энциклопедия. М., сс. 60—65.
 2. *Меньшиков В.* 1996. Радиоактивные отходы ядерной энергетики России. Там же. сс. 231—238.
 3. Europe Adopts Long-Term Nuclear Waste Storage Law// <http://www.ens-newswire.com/ens/jul2011/2011-07-19-01.html>.
 4. *Басби К.* (Ред.) 2004. Рекомендации-2003 Европейского комитета по радиационному риску: Пер. с англ. М.: Центр экологической политики России, 218 с.
 5. *Исаков М.Г., Валуев Н.П., Моиш Ю.В., Никоненков Н.В.* 1999. Контроль и рекультивация радиоактивно загрязненного металлолома М.: Workshop on Radioactive Contaminated Metallurgical Scrap, Prague (Czech Republic), 26—28 May// http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/025/31025583.pdf.
-

6. *Зверев В.П.* 2001. Фундаментальные проблемы гидрогеологии//Вестн. РАН. Т. 71. № 7, сс. 629—635.

7. *Алимов Р.* 2004. Радиоизотопные термоэлектрические генераторы.//Кудрик И., Диггес Ч., Никитин А. и др. Российская атомная промышленность: необходимость реформ: Доклад Объединения Bellona, №4, Приложение Е, сс. 193—203.

Глава 3. Распространение атомной энергетики ведет к распространению атомного оружия

Третьей (после опасности реакторов и проблемы отходов) главной опасностью атомной энергетики является ее неразрывная связь с атомным оружием. Б. Комби и другие сторонники распространения атомной энергетики, отвечая на критику «зеленых», настаивают на исключительном миролюбии атомной энергетики и отсутствии опасных связей с атомным оружием. Рассмотрим эти аргументы подробнее.

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>1. <i>«Даже сегодня общественность неясно видит разницу между атомной бомбой и атомной электростанцией, которые с технологической точки зрения не имеют между собой ничего общего... ядерный реактор не может взрываться подобно бомбе, а бомбы не производят электроэнергию»</i> (с. 55).</p>	<p><i>«Атомная электростанция — это атомная бомба, дающая электричество», — образно, но физически точно, говорил лауреат Нобелевской премии физик П. Капица [1]. Атомная энергетика возникла в 1950-е годы как производное от атомного оружия. Один из создателей атомного оружия Р. Оппенгеймер писал в 1946 г.: «...мы знаем, что мы будем делать, подписав конвенцию о ядерном оружии: мы не будем делать атомное оружие, по крайней мере не будем начинать, но мы построим огромные станции и назовем их атомными станциями... Мы сконструируем эти станции так, чтобы их можно было максимально легко и быстро использовать для производства атомного оружия» [2].</i></p> <p>После 1960-х годов ситуация стала противоположной: простейшим путем получения атомного оружия стало развитие атомной энергетики, так как физические основы и основные технологические атомно-оружейные и атомно-энергетические процессы одни и те же. Глава МАГАТЭ М. Эл Барадей на-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>писал в 2008 г. по поводу стремления некоторых стран развивать атомную энергетику: <i>«Вам не обязательно иметь атомное оружие, достаточно купить себе страховую полис в виде возможности его получения и не отказываться от него. Давайте не будем обманывать сами себя: 90 % этого (атомной энергетики. — А.Я.) — страховка, сдерживание»</i> (перевод А.Я.) [3].</p> <p>В атомном реакторе цепная реакция и выделение энергии контролируется, и энергия атомного ядра выделяется в течение месяцев и лет. В атомном заряде течение цепной реакция не тормозится, и энергия выделяется в миллионные доли секунды. Таким образом, с технологической точки зрения главная разница между атомным реактором и атомной бомбой только во времени протекания цепной реакции.</p>
<p>2. <i>«...реакторы с водой под давлением и кипящие реакторы ...производят плутоний, малопригодный для изготовления эффективного оружия»</i> (с. 37, П.М. Мур).</p> <p>3. <i>«Для того чтобы создать ядерные вооружения, необходимы специально спроектированные предприятия, которые производят высокообогащенный уран-235 или плутоний-239. ...И даже если этот плутоний (из ОЯТ. — А.Я.) химически отделить от урана, по своему составу он не будет подходящим материалом для изготовления оружия»</i> (с. 127).</p>	<p>Это совсем не так. Сторонники атомной энергетики старательно поддерживают миф о том, что для изготовления атомной бомбы необходим особый — «оружейный» плутоний, состоящий более чем на 90 % из изотопа плутоний-239. Однако в США еще в 1972 г. было экспериментально доказано, что смесь изотопов плутония, получаемая в любом типе атомных реакторов (т.н. «энергетический» плутоний), позволяет изготовить атомную бомбу мощностью в несколько килотонн.</p> <p>К этому надо добавить удивительный факт замалчивания сторонниками атомной энергетики того, что в типичном</p>

<p>4. «Только Pu-239 высокой степени чистоты годится для изготовления атомной бомбы» (с. 370).</p> <p>5. «Аргумент, что переработка урана способствует распространению ядерных вооружений, безоснователен. Плутоний, поступающий после переработки в топливный цикл, не имеет оружейного качества. Для военных целей необходим плутоний с другим составом изотопов, а его производство из отработанного топлива гражданских реакторов требует других реакторов и других, более дорогих технологий. ... Все американские, российские и французские ядерные вооружения были произведены в массовом порядке в 1960-х и 1970-х годах, когда заводов по переработке отработанного топлива не существовало» (с. 311).</p>	<p>легководном реакторе АЭС (типа ВВЭР) в первые месяцы после начала облучения свежего уранового топлива образуется в основном плутоний-239, который и составляет основу оружейного плутония (см. рис. 1 в приложении).</p> <p>Кто может помешать Ирану остановить Бушерскую АЭС вскоре после ее запуска и выделить из облученного топлива плутоний-239?</p> <p>Б. Комби пишет: «...Все американские, российские и французские ядерные вооружения были произведены в массовом порядке в 1960-х и 1970-х гг., когда заводов по переработке отработанного топлива не существовало». Это неверно: чем, как не заводами по переработке отработанного ядерного топлива, были поражающие воображение своими масштабами заводы в Красноярске-26 (теперь Железногорск), Томске-7 (теперь Северск) и на п/о «Маяк» (теперь Озерск) в СССР и аналогичные предприятия в США (Хэнфорд и Ливермор), Великобритании (Селлафилд) и Франции (Маркуль)?</p>
<p>6. «Пока люди на земле не смогут сознательно отказаться от войны как продолжения политики, мы должны прилагать все меры, чтобы ограничить распространение ядерных вооружений. Способствовать этому могут Договор о нераспространении ядерного оружия (NPT) и разработка только таких ядерных технологий, которые обеспечат нераспространение» (с. 187).</p>	<p>Все последние десятилетия лучшие умы атомщиков безуспешно пытаются найти «такие ядерные технологии, которые обеспечат нераспространение». Генеральный секретарь ООН К. Аннан, на сессии ООН по нераспространению атомного оружия в 2005 г. отметил, что все три колонны, на которых держится Договор о нераспространении ядерного оружия (собственно нераспространение ядерного оружия, ядерное разоружение и мирное использование атомной энергии) «дали трещины» [4].</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>Трагедия для всего мира в том, что создание АЭС в какой-то стране сегодня предопределяет возможность создания в этой стране ядерного оружия.</p> <p>Исправить роковое для мира решение развивать атомную энергетику на той же основе, что и атомное оружие (на основе расщепления урана), атомщики могут, только перейдя от урановой к ториевой энергетике. При использовании тория в качестве делящегося материала в атомном реакторе не возникает плутония. Ториевая атомная энергетика теоретически возможна, но практически неосуществима из-за необходимых колоссальных базовых затрат.</p>
<p>7. «Последствия даже одного ядерного взрыва над городом где-либо в мире будут гораздо страшнее любых гипотетических происшествий на сотнях атомных электростанций в течение столетий» (с. 207).</p>	<p>Трудно согласиться со словами Б. Комби: <i>«Последствия... ядерного взрыва над городом... гораздо страшнее ...происшествий на сотнях атомных электростанций в течение столетий»</i>, поскольку у нас теперь есть трагический опыт и того и другого. От двух бомб в Хиросиме и Нагасаки суммарно погибло около 250 тыс. человек, от взрыва одного реактора Чернобыльской АЭС суммарно за первые 25 лет погибло около одного миллиона человек [10]. Эта цифра близка к прогнозам числа возможных жертв от аварии на АЭС, сделанных в США и Германии [11, 12]. Есть одно важное отличие последствий взрыва бомбы и АЭС: поскольку от взрыва АЭС выделяется радиоактивных материалов в сотни раз больше, чем при взрыве атомной</p>

	<p>бомбы, последствия взрыва АЭС будут ощущаться на протяжении много большего времени (многие десятилетия), чем от взрыва бомбы.</p>
<p>8. <i>«...ядерное оружие представляет огромную опасность для людей и окружающей среды... в то время как радиоактивные вещества, используемые в... ядерной энергетике, служат на благо человека, а связанный с ними риск минимален и поддается контролю» (с. 299).</i></p>	<p>1. Считать, что «радиоактивные вещества, используемые в атомной энергетике» «служат на благо человека», тогда как «ядерное оружие» (основанное на тех же самых веществах. — А.Я.) представляет огромную опасность» — оксюморон. Сравнить так «опасность» (ядерное оружие) с якобы «благом» (атомная энергетика) крайне некорректно.</p> <p>2. И атомное оружие — зло, и атомная энергетика — зло. И если быть точным — то пока не было ни одного случайного взрыва атомных бомб, тогда как катастрофы на АЭС происходили неоднократно. Согласиться после этого с утверждениями, что АЭС «поддаются контролю» и что от АЭС «риск минимален», подразумевая, что атомное оружие не поддается контролю и несет больший риск, вряд ли возможно.</p>
<p>9. <i>«Все реакторы, проданные Канадой другим странам, со времени подписания Договора о нераспространении ядерного оружия, находятся под жестким международным контролем и охраной МАГАТЭ. Таким образом, они не могут способствовать распространению ядерной угрозы» (с. 308).</i></p>	<p>Б. Комби специально обращает внимание на «невиновность» Канады в содействии распространению ядерного оружия посредством поставок в другие страны атомных технологий двойного назначения явно для канадского издания книги. На самом деле все без исключения ведущие атомные державы не удержались от соблазна по политическим или финансовым соображениям распространять двойные атомные технологии.</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>Канада продавала тяжеловодные реакторы и до, и после заключения Договора о нераспространении. Взрыв в мае 1974 г. индийской атомной бомбы под названием «Будда засмеялся» (Buddha has smiled) на полигоне Похаран (Pokhran, Раджастан) стал первым в мире очевидным доказательством, что гражданская атомная программа может быть эффективно использована для прикрытия разработки атомного оружия. Плутоний для этой бомбы был получен из «исследовательского» реактора CIRUS (Canada — India — Reactor — United States; 40 МВт, тяжеловодный, на естественном уране, 1960 г.), который Индия получила из Канады в рамках помощи по «плану Коломбо» (при условии, что реактор будет использован только для мирных исследовательских программ, т. е. с самого начала стороны понимали опасность его использования для создания атомного оружия). США тоже поучаствовали в создании индийской бомбы, предоставив 10 т тяжелой воды для этого реактора.</p> <p>А вот что пишет крупнейший специалист по ядерному нераспространению профессор А. Арбатов: <i>«...мировой рынок ядерных материалов и технологий, сулящий миллиардные прибыли, стал ареной жестокой конкуренции не импортеров, а экспортеров. В борьбе за рынки сбыта государства-поставщики (прежде всего, ...Канада...) оказались не склонны слишком придирчиво подходить к соблюдению гарантий МАГАТЭ, к не-</i></p>

	<p><i>достаточности ее гарантий и даже к факту неучастия стран-импортеров в ДНЯО (Израиля, Индии, Пакистана)» [6].</i></p> <p><i>Примечание:</i> ДНЯО — Договор о нераспространении ядерного оружия. Присоединение к этому договору формально является обязательным условием поддержки МАГАТЭ развития атомной энергетики в данной стране.</p>
<p>10. «Южная Африка стала хорошим примером того, как развитие программы гражданской атомной энергетики может эффективно предотвратить распространение ядерных вооружений и военное использование атомной энергии» (с. 330, 331).</p>	<p>Утверждать, что «Южная Африка стала хорошим примером», более чем двусмысленно. ЮАР тайно создала и испытала ядерное оружие. Все это было сделано под прикрытием «программы гражданской атомной энергетики» при активной поддержке МАГАТЭ. Когда рухнул режим апартеида, эта тайная деятельность была обнародована. Демократическое правительство Н. Манделы добровольно уничтожило не только все семь ядерных боезарядов, но и технологии их создания. Непреложный факт создания ядерного оружия в ЮАР на основе мирной ядерной энергетики очень ярко высветил неэффективность МАГАТЭ по контролю режима нераспространения. Ни одна из около 150 инспекций МАГАТЭ не обнаружила в ЮАР даже следов нелегальной деятельности по созданию атомного оружия! МАГАТЭ — это не существенное препятствие для опасного использования атомной энергии (о чем неоднократно пишет Б. Комби в книге), а фактически ширма для распространения опасных ядерных технологий под «мирной» крышей.</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>11. <i>«Фактически нераспространение не имеет прямого отношения к большинству обычных реакторов (как с водой под давлением, так и кипящих), поскольку плутоний, который они производят, не обладает оружейным качеством и жестко контролируется МАГАТЭ».</i> (с. 333)</p>	<p>Б. Комби противоречит сам себе: зачем МАГАТЭ <i>«жестко контролировать»</i>, если <i>«...плутоний, который они производят, не обладает оружейным качеством...»</i>? Очень даже обладает: из любого плутония, как подтверждают эксперты, можно сделать атомный боезаряд.</p>
<p>12. <i>«...в случаях Южной Африки, Аргентины и Бразилии развитие гражданской атомной энергетики сделало возможным отказ от военных ядерных программ»</i> (с. 332).</p>	<p>Б. Комби опять не замечает, что сам себе противоречит: если, как он пишет, <i>«...развитие гражданской атомной энергетики сделало возможным отказ от военных ядерных программ»</i>, значит, атомная энергетика действительно несет угрозу создания ядерного оружия.</p> <p>А по существу, и в Аргентине, и в Бразилии, и в ЮАР, и в Сирии военные ядерные программы активно развивались именно под прикрытием развития мирной атомной энергетики. В настоящее время это происходит в Иране и целом ряде других стран.</p>
<p>13. <i>«...строгое соблюдение Договора о нераспространении ядерного оружия — верный путь. И сегодня — единственно верный»</i> (с. 332).</p>	<p>Утверждение Б. Комби о ДНЯО как о <i>«единственно верном пути»</i> — заведомая дезинформация для успокоения общественного мнения: как можно говорить о соблюдении договора, который не вступил в силу? И в обозримом будущем этот договор не вступит в силу, поскольку условием для этого является подписание его всеми странами, которые имеют атомные программы (Израиль, Индия, Пакистан не подписали и не собираются подписывать этот договор). И какой</p>

же это «*верный путь*», если любая страна в любой момент может без всякого труда выйти из этого договора (как сделала КНДР)?

Создание ложного впечатления об эффективности режима нераспространения крайне опасно: де беспокоиться обществу особенно не о чем, раз есть такой мощный инструмент немирного использования «мирного атома», как ДНЯО.

ДНЯО (принят в 1968 г., бессрочно продлен в 1995 г.) признает, что существует возможность «*переключения ядерной энергии с мирного применения на ядерное оружие или другие ядерные взрывные устройства*», и устанавливает, что требования о нераспространении ядерного оружия относятся «*...ко всему исходному или специальному расщепляющемуся материалу во всей мирной ядерной деятельности...*» [7]. Все три условия, при соблюдении которых неядерные государства, подписавшие ДНЯО, отказались от разработки собственного ядерного оружия, а ядерные государства согласились на широкое распространение «мирного атома» (запрет на передачу пятью ядерными державами неядерным странам самого ядерного оружия, его компонент и технологий изготовления; ликвидация ядерными державами своих ядерных арсеналов; исключительно мирное использование атомной энергии) нарушены: Китай помог Пакистану в создании атомной бомбы, ни одна из ядерных держав не собирается ликвидировать свое ядерное оружие, и, главное, многие (не менее 18) стран нару-

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>шили после 1968 г. условие исключительно мирного использования получаемых атомных технологий, а все пять ядерных государств — не использовать гражданские установки для производства атомного оружия.</p> <p>Сейчас в мире больше атомного оружия и больше стран, обладающих атомным оружием, чем было до заключения ДНЯО. Это означает, что ДНЯО неэффективен. При этом именно немирное использование атомной энергии было и есть главной причиной краха всего режима нераспространения.</p> <p>И этот рухнувший договор Б. Комби считает <i>«верным путем»</i>?</p>
<p>14. <i>«...я верю: у человечества достанет мудрости, чтобы отказаться от варварства ядерных вооружений и принять ядерную энергетику как необходимую»</i> (с. 56).</p>	<p>Эта <i>«вера»</i> Б. Комби опасна — она создает иллюзию того, что можно каким-то образом распространять в мире атомную энергетику без увеличения риска распространения ядерного оружия (что невозможно физически и политически). Недавно хорошо написал президент Института энергетики и окружающей среды (США) А. Макхиджани: <i>«Атомный реактор — это кастрюля с кипящей водой. Имеет ли смысл производить плутоний и долгоживущие радиоактивные отходы ради кипячения воды?»</i> [2].</p> <p>А вот что написал знаменитый атомщик, руководитель создания первого в СССР ядерного боезаряда и руководитель Российского федерального ядерного центра ВНИИЭФ академик Ю. Харитон: <i>«Сознавая свою причаст-</i></p>

ность к замечательным научным и инженерным свершениям, приведшим к овладению человечеством практически неисчерпаемым источником энергии, сегодня, в более чем зрелом возрасте, я уже не уверен, что человечество дозрело до владения этой энергией. Я осознаю нашу причастность к ужасной гибели людей, к чудовищным повреждениям, наносимым природе нашего дома — Земли. Слова покаяния ничего не изменят. Дай Бог, чтобы те, кто идут после нас, нашли пути, нашли в себе твердость духа и решимость, стремясь к лучшему, не натворить худшего» [8].

Даже Б. Комби признает: *«Атомная энергия может быть... использована и для дьявольских целей злонамеренных индивидуумов или стран»* (с. 47), *«...использование ядерных материалов должно строго контролироваться... чтобы не поставить под угрозу будущее планеты»* (с. 48). Вот что в 2011 г. сказал руководитель российского «Росатома» С. Кириенко: *«...атомная энергия — это ведь не только атомные электростанции. Атомная энергия — это весь ядерно-оружейный щит нашей страны... Если любая страна сворачивает гражданскую атомную энергетику, дальше — вопрос времени... Может, 10 лет, может, 15 лет, повезет — 20 лет, и у нас не будет конкурентоспособного оружейного комплекса»* [9]. Какие еще надо приводить доказательства неразрывной связи атомной энергетики и атомного оружия?!

Источники

1. *Рубинин П.Е.* (Ред.) 1994. Все простое — правда. Афоризмы и изречения П.Л. Капицы, его любимые притчи, поучительные истории, анекдоты. М., 152 с.
2. *Makhijani A.* 2011. The Fukushima tragedy demonstrates that nuclear energy doesn't make sense// Bull. Atomic. Sci. 2011. 21 July // <http://www.thebulletin.org/web-edition/roundtables/nuclear-energy-different-other-energy-sources>.

3. Spread of Nuclear Capability Is Feared//2008. Washington Post. 2008.12. 05. //http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2008/05/11/.

4. *Annan K.* 2005. Break the Nuclear Deadlock//International Herald Tribune. 2005.30. 05.//http://www.wagingpeace.org/articles/2005/05/30_annan_nuclear-deadlock.htm.

5. *Pflugbeil S., Claussen A., Schmitz-Feuerhake I.* 2011. Health effects of Chernobyl. IPPNW and GFS Report, April 2011. Berlin. 67 s.//http://www.nirs.org/reactorwatch/accidents/chernob_report2011webipnw.pdf.

6. *Арбатов А.* 2004. Ядерное сдерживание: реальности и химеры//Независимое военное обозрение. 15 мая//с.2.

7. *Тимербаев Р.М.* 1999. Россия и ядерное распространение. 1945–1968. М.: Наука, 384 с.

8. *Харитон Ю.Б.* 1999. Особое выступление в память Роберта Оппенгеймера//Природа. № 3, сс.

9. *Кириенко С. В.* 2011. Интервью. Ядерный контроль. Вып. № 24 (405) 15 марта — 28 марта//http://www.pircenter.org.

10. *Яблоков А.В., Нестеренко В.Б., Нестеренко А.В., Преображенская Н.И.* 2011. Чернобыль: последствия катастрофы для человека и природы. Киев: «Универсарий», 590 с.

* * *

На протяжении всей истории атомной энергетики атомщики так и не смогли дать удовлетворительные ответы на три главных вопроса, делающих современную атомную энергетику неприемлемой с экологической точки зрения:

- существующие атомные реакторы неприемлемо опасны;
- не решена проблема захоронения радиоактивных отходов;
- развитие «мирного» атома открывает двери для создания атомного оружия.

ЧАСТЬ 2

ЧЕТЫРЕ ГЛАВНЫХ ПОСУЛА АТОМНЫХ ПРОПОНЕНТОВ

Среди многих невыполненных обещаний и малообоснованных утверждений атомщиков есть четыре, на мой взгляд, главных, которыми они привлекают лиц, принимающих решения: атомная энергетика выгодна, она — спасение от энергетического кризиса и изменений климата, а грядущее освоение термоядерной энергии вообще решит все проблемы человечества.

Рассмотрим их последовательно.

Глава 4. Атомная энергетика — экономически выгодна

Экономическая выгода, пожалуй, главный посул атомщиков. Атомные рекламные проспекты пестрят графиками, которые, казалось бы, очень убедительно показывают, что стоимость атомного электричества ниже стоимости электричества от большинства других источников. Так ли это?

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>1. <i>«В большинстве стран, имеющих атомные электростанции, генерируемая на них электроэнергия дешевле, чем произведенная при сжигании каменного угля, нефти или природного газа»</i> (с. 147).</p> <p>2. <i>«...ядерная электроэнергия менее дорогая, чем получаемая от сжигания каменного угля ...»</i> (с. 148).</p>	<p>Утверждение о сравнительной дешевизне атомного электричества, по существу, неверно.</p> <p>Действительно, отпускная цена атомного электричества в Южной Корее, Германии, России, Канаде, Франции, Великобритании, Индии, Японии и Китае в 1990-е годы была чуть меньше цены «угольного» (в США в среднем чуть выше). Но это именно отпускная цена, а не истинная стоимость.</p> <p>Существуют значительные как открытые, так и скрытые от посторонних глаз субсидии атомной промышлен-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>ности (прежде всего, определяемые тем, что атомная энергетика тесно связана с атомным вооружением) — (подробнее см. гл. 3). Эти субсидии касаются всех звеньев ядерно-топливного цикла ЯТЦ, начиная от добычи урана. Масштаб таких субсидий огромен. В начале 1990-х годов было подсчитано, что расходы государства на поддержку атомной энергетики во Франции составили к тому времени не менее 30 млрд долларов. Принятые в последние годы в России и США планы развития атомной энергетики сопровождались выделением государственных субсидий в каждой из этих стран размером около 50 млрд долларов.</p> <p>В России, по анализу «ГРИН-ПИС», существует 14 схем прямого и скрытого субсидирования атомной отрасли. Миллиарды рублей выделялось ежегодно из бюджета РФ по программам «Безопасность атомной промышленности России», «Безопасность атомных электростанций и исследовательских ядерных установок», «Безопасность и развитие атомной энергетики». За государственный счет осуществляется физическая защита АЭС и объектов ЯТЦ внутренними войсками. Организации, занимающиеся хранением радиоактивных материалов и РАО, освобождаются от налога на имущество (это около 2 млрд рублей ежегодно). Суммарно государственные субсидии снижают себестоимость атомного электричества в России примерно на 30 % [8].</p>

В США субсидии (на кВт генерации электричества) до 1989 г. составили для атомной энергетики 15,3 доллара (для сравнения — для ветровой энергетики — 46 центов [7]). Во Франции в период 1998–2007 гг. атомная энергетика получила более 72 % всех государственных энергетических субсидий, в Японии — 67,2 % [7]. По оценкам, прямая государственная поддержка атомной энергетики в США за все время ее существования составила около 600 млрд долларов [10].

Субсидии распространяются и на хранение долгоживущих отходов (отчисления, которые делаются АЭС на хранение ОЯТ и разборку АЭС после конца службы, далеко не покрывают этих расходов, которые несет государство).

Большая часть расходов, связанных с атомными авариями и катастрофами, делается государством, а не атомной индустрией. Последствия крупных атомных аварий оцениваются в десятки и сотни миллиардов долларов (примеры: АЭС «Три Майл Айленд» — около 200 млрд, Чернобыльская АЭС — более 500 млрд долларов, Фукусима будет много больше), а страхование атомных рисков составляет не более нескольких миллиардов долларов. В результате стоимость минимизации последствий всех крупных атомных катастроф ложится на плечи налогоплательщиков.

В 2005 г. в Евросоюзе при дисконтировании 10 % атомная генерация электричества (без учета реальной стоимости разборки отработавших блоков

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>и затрат на захоронение высокоактивных РАО) была выше, чем угольная и газовая генерация, и выше, чем минимальная стоимость ветряной электроэнергии. По прогнозу при введении налога в размере 20–30 евро за тонну CO₂ стоимость атомной генерации сравняется с газовой, будет меньше угольной, сравняется с минимальной стоимостью ветряной морской и будет выше минимальной стоимости ветряной на суше (см. табл. 9 в приложении).</p> <p>По обобщенным расчетам [10] усредненная стоимость кВт электричества (Levelized Cost of Electricity — LCOE) в ценах 2007 г. от разных источников оказывается следующей:</p> <ul style="list-style-type: none"> — гидроэнергетика 3–7 цент./кВт·ч.; — геотермальная 4–7 цент./кВт·ч.; — ветровая — 5–12 цент./кВт·ч.; — биотопливо — 5–12 цент./кВт·ч.; — солнечная (терм.) — 12 — 18 цент/кВт·ч.; — атомная — 18 — 30 цент./кВт·ч.; — солнечная (фото) — 20–80 цент./кВт·ч.. (см. табл. 10 в приложении).
<p>3. «Стоимость одного кВт·ч ядерной энергии, использованная для этих расчетов, включает не только стоимость выработанного электростанцией электричества (эксплуатационные затраты), но также и издержки на капиталовложения (строительную стоимость), на страхование рисков</p>	<p><i>«Финансовое обеспечение хранения отходов»</i>, о котором пишет Б. Комби, не касается стоимости захоронения долгоживущих радиоактивных отходов. Неизбежные и значительные расходы, связанные с таким захоронением (вечным хранением), просто перекалдываются на плечи следующих поколений. Формальные отчисления АЭС, как показывает пример США с недав-</p>

<p><i>возможных аварий, а также выплаты на финансовое обеспечение хранения отходов и возможного демонтажа станции» (с. 149).</i></p>	<p>шимся строительством национального хранилища РАО в Юкка Маунтин, не покрывают даже части расходов на такое строительство, не говоря уже о необходимых тратах на протяжении будущих тысяч лет.</p> <p>Строительство подземных хранилищ для долгосрочного хранения (не захоронения!) ОЯТ в Швеции, Германии, Франции, Финляндии происходит при ведущем участии государства, т. е. на деньги налогоплательщиков.</p> <p>Весьма странно, что Б. Комби пишет о «возможном демонтаже», предполагая тем самым, что такого демонтажа может и не быть. Это типично для атомщиков, которые предпочитают не думать о проблемах, ими созданных, если эти проблемы реализуются тогда, когда ни создателей АЭС, ни фирм, обогатившихся от продажи атомного электричества, уже не будет существовать.</p>
<p>4. <i>«...выработанная атомной электростанцией электроэнергия может быть на 50 % дешевле энергии, полученной от сжигания природного газа» (с. 150).</i></p>	<p>Б. Комби опирается на данные по сравнительной стоимости атомной электроэнергии во Франции (здесь атомная энергетика получает колоссальные государственные субсидии, а газ очень дорог). Вот официальные данные по Великобритании (2005): средняя стоимость электроэнергии, произведенной на газовых ТЭЦ — 52 евро за МВт · ч, атомного электричества — 56 евро [1].</p> <p>Одно из самых обстоятельных и, главное, независимых от атомной индустрии исследований экономики производства электричества [2] пока-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>зало, что в США (2002) усредненная стоимость производства электричества составляла на АЭС 6,7, на угольной станции — 4,2, на газовой — 5,6 цента за кВт · ч. Даже при возможном налоге в размере до 50 долларов за тонну выброшенного CO₂, угольная генерация стоила бы 5,4, а газовая — 4,3–6,1 (при разной стоимости газа) цента за кВт · ч, т. е. оставалась заметно дешевле атомной генерации.</p>
<p>5. <i>«Это (создание рабочих мест. — А.Я.) еще один положительный аспект ядерной промышленности, поскольку она и социально полезна»</i> (с. 148).</p>	<p>Неубедительный аргумент о «социальной полезности». Производство и распространение наркотиков тоже можно назвать «социально полезным», поскольку в этом тоже занято много людей. И расчеты, и практика показывают, что распространение экологически менее опасных способов производства электроэнергии обеспечивает хорошо оплачиваемой работой, по крайней мере, не меньше людей, чем атомная энергетика. Да и как быть с долгосрочными последствиями радиоактивного загрязнения биосферы от атомной индустрии? Жить по принципу «сегодняшние доходы важнее возможного вырождения человечества завтра» как-то не хочется.</p>
<p>6. <i>«...во всех развитых странах страхование гарантирует возмещение убытков третьим лицам в случае аварии на атомной электростанции»</i> (с. 149).</p>	<p>Самая высокая финансовая страховая ответственность атомной индустрии за аварию в США — 12 млрд. долларов. В других странах эта ответственность много ниже (см. табл. 8. Приложение). Однако расчеты, сделанные еще в 1997 г. Брук-Хэвенской наци-</p>

ональной лабораторией (США), показали, что стоимость последствий аварии даже только бассейна выдержки ОЯТ может быть в 45 раз выше [3]. Предполагается (и это показывают реалии Чернобыля и «Три Майл Айленда»), что эта колоссальная разница будет покрываться за счет налогоплательщиков. Как метко заметил А. Макхиджани, в отношении атомной индустрии осуществляется своеобразная форма капитализма: *«доходы — частные, а ответственность — общая»* [4]. Да и как корректно оценить в деньгах здоровье и жизнь человека?

Еще одна форма скрытой (и огромной) государственной поддержки (субсидий) атомной индустрии — многократно заниженная стоимость страхования атомных объектов. *«Ограничение размера ответственности сделано для поддержки оператора, для того чтобы не подавлять активность атомной индустрии»* (перевод наш. — А.Я.) — так МАГАТЭ открыто комментирует текст Венской конвенции о гражданской ответственности за ядерный ущерб 1997 г. [3].

Если бы для АЭС Франции размер страховых взносов не был бы искусственно ограничен в рамках Венской конвенции (максимальный ущерб около 420 млн евро, что в десятки раз меньше реальной стоимости последствий тяжелой атомной катастрофы), стоимость производства атомного электричества возросла бы кратно.

Вот некоторые прогнозные оценки экономического ущерба в результате тяжелых атомных аварий:

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>— до 695 млрд долларов (США , 1979);</p> <p>— до 15,5 млрд долларов (США, 1987);</p> <p>— до 652 млрд долларов (США, 1990);</p> <p>— до 6,8 трлн долларов (Германия, 1992).</p> <p>И авария на АЭС «Три Майл Айленд» (около 200 млрд долларов) и Чернобыльская катастрофа показали, что эти оценки реалистичны. Затраты на минимизацию последствий Чернобыльской катастрофы за первые 20 лет составили около 500 млрд долларов только для Беларуси, Украины и России [5] (другие пострадавшие страны потратили суммарно, по-видимому, еще больше — 100 млрд долларов).</p> <p>Реальная оценка фукусимской катастрофы еще впереди, но ясно, что это будет больше стоимости Чернобыля (только стоимость компенсаций эвакуированным оценивалась в октябре 2011 г. в 50 млрд долларов, стоимость снятия и складирования загрязненного 5-см слоя почвы в горячих точках — еще в 20 млрд, и это только первые из оцененных затрат).</p>
<p><i>7. «...сумма в 15 % от стоимости постройки атомной электростанции должна быть отложена, чтобы оплатить в будущем ее вывод из эксплуатации и демонтаж» (с. 149).</i></p>	<p>Стоимость вывода АЭС из эксплуатации и ее демонтажа составляет много больше 15 % от стоимости строительства. Опыт демонтажа атомных блоков показывает, что это стоит около половины стоимости строительства. Стоимость демонтажа пяти энергоблоков ВВЭР-440 на АЭС «Грейфсвальд» сос-</p>

	<p>тавила 2,4 млрд евро (без затрат на последующее хранение РАО и социальных расходов) — более половины стоимости строительства [6]. Вот последний пример: 10 лет назад демонтаж двух реакторов РБМК-1000 Игналинской АЭС (Литва) оценивался в 1 млрд евро. К 2011 г. миллиард евро был истрачен, демонтаж далеко не закончен, и общая стоимость работ теперь оценивается в 2,9 млрд евро (без затрат на хранение РАО и социальных расходов) [7].</p> <p>На глазах всего мира атомщики ведут с обществом неприличную игру, продлевая сроки эксплуатации отслуживших проектный срок реакторов и оттягивая на 15–20 лет их вывод из эксплуатации и демонтаж. Делается это по одной-единственной причине — жадности атомных коммерсантов, которые действуют по принципу «если машина еще едет, зачем сдавать ее в утиль». Им не страшно, что мир в результате работы их дряхлеющих АЭС становится с каждым годом все опаснее. И не атомные компании, обогатившиеся от продажи «дешевой» атомной электроэнергии, будут расплачиваться за демонтаж одряхлевших АЭС, а государство (т. е. мы — налогоплательщики).</p>
<p>8. «В настоящее время стоимость свежего урана и полученного после переработки отработанного топлива примерно одинакова» (с. 311).</p>	<p>Если «<i>стоимость свежего урана и полученного после переработки отработанного топлива примерно одинакова</i>», то почему столько разговоров об исчерпании запасов урана? На самом деле стоимость регенерированного урана (полученного в результате переработки</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>ОЯТ) была на протяжении многих лет в 3–4 раза выше стоимости свежего урана. Сейчас этот разрыв сократился (в связи с заметным ростом цен на природный уран), но все равно стоимость свежего урана значительно ниже стоимости регенерированного.</p>
<p>9. <i>«...мир разделен между сторонниками развития, которые хотят, чтобы человечество извлекало пользу из научно-технического прогресса (иногда даже и вопреки природе), и натуралистами-экологами, которые осуждают этот прогресс во имя сохранения окружающей среды и стараются защитить природу от разрушительных излишеств индустриального общества»</i> (с. 51).</p>	<p>Экологи — противники АЭС тоже хотят «извлекать пользу из научно-технического прогресса». Но у сторонников и противников «мирного атома» взгляды на научно-технический прогресс разные. В самом общем виде АЭС — это большая кастрюля, в которой кипит вода, и пар крутит лопасти турбины генератора. Есть много более совершенных технологий получения электричества, чем подогрев воды реакцией расщепления атома урана.</p> <p>Большинство экологов считает, что действовать «вопреки природе» (а именно так и действует атомная индустрия, увеличивая радиоактивность в биосфере) самоубийственно для человечества и человека, как биологического существа.</p>
<p>10. <i>«Из всех возможных и освоенных процессов крупномасштабного производства энергии разумное использование реакции деления атомных ядер для выработки базовой части электроэнергии есть, несомненно, самый лучший наш выбор»</i> (с. 352).</p>	<p>Утверждение Б. Комби: <i>«Из всех возможных и освоенных процессов крупномасштабного производства энергии»</i> атомная энергетика — <i>«самый лучший наш выбор»</i> крайне спорно. Ветряная энергетика, например, в наше время быстро приближается по объему вырабатываемого электричества к атомной и уже не может быть названа маломасштабной. И по цене отпускаемого</p>

	<p>электричества она быстро приближается к атомному и угольному. То же самое касается и солнечной электроэнергетики (суммарной фото— и термогенерации). При этом темп снижения цены на солнечную и ветряную энергию таков, что цель, которую поставили США — сделать производство «солнечного» электричества дешевле его производства на угольных и атомных электростанциях (проект Sunshot Initiative), — по-видимому, будет достигнута к 2016–2017 гг.</p>
--	--

Без огромных государственных субсидий, направленных на разработку конструкций, лицензирование, строительство, демонтаж, а также на страхование рисков, хранение образующихся радиоактивных отходов и расходы по минимизации последствий атомных аварий и катастроф, атомная индустрия проигрывает другим способам производства электроэнергии. Эта всеобъемлющая государственная поддержка определяется не в последнюю очередь связью атомной энергетики и атомного оружия. Многочисленные сравнения стоимости атомного электричества со стоимостью электричества из других источников, делаемые атомщиками, намеренно исключают из расчетов эти прямые и косвенные бюджетные дотации. Атомщики хорошо знают, что разборка отработавшей АЭС будет происходить спустя много лет после ее вывода из эксплуатации (чтобы снизилась до безопасного уровня радиоактивность оборудования). Какие организации и компании сохранятся на протяжении этих лет? Кто будет нести колоссальные расходы, сопоставимые с расходами на строительство? Кто будет оплачивать предстоящие после демонтажа АЭС расходы на хранение и захоронение РАО? Атомщики уходят от ответов на эти вопросы, молчаливо предлагая обществу согласиться с тем, что все это ляжет на плечи налогоплательщиков.

В мире все шире распространяется понимание необходимости ответственности производителя за свою продукцию на протяжении всего ее «жизненного цикла» — принцип «от колыбели до могилы». Применение этого принципа к атомной энергетике немедленно делает ее экономически неконкурентоспособной.

Источники

1. Nuclear power generation cost benefit analysis. Department of Trade and Industry. July 2006. [//www.dti.gov.uk/files/file31938.pdf](http://www.dti.gov.uk/files/file31938.pdf).
2. The Future of Nuclear Power, an Interdisciplinary Massachusetts Institute of Technology (MIT) study. 2003. Boston, USA (<http://web.mit.edu/nuclearpower>).
3. Accident liability protection [//http://www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1279_web.pdf](http://www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1279_web.pdf). Цитировано по: Greenpeace. Chernobyl 25 Years. Factsheets [//http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/nuclear/2011/Chernobyl%2025%20Years%20factsheets.pdf](http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/nuclear/2011/Chernobyl%2025%20Years%20factsheets.pdf).
4. *Makhijani A.* 2011. The Fukushima tragedy demonstrates that nuclear energy doesn't make sense. Bull. Atomic. Sci. 21 July 2011 [//http://www.thebulletin.org/web-edition/roundtables/nuclear-energy-different-other-energy-sources](http://www.thebulletin.org/web-edition/roundtables/nuclear-energy-different-other-energy-sources).
5. *Яблоков А.В.* 2001. Миф о незначительности последствий Чернобыльской катастрофы. Центр экологической политики России. М., 112 с. [//http://www.rus-green.ru/publications/mif_3.pdf](http://www.rus-green.ru/publications/mif_3.pdf).
6. *Бодров О.В.* 2007. Как выводилась из эксплуатации АЭС «Грейфсвальд» (Германия) и обеспечивалось сбалансированное развитие региона [//\(http://www.greenworld.org.ru/?q=decom_greifswald](http://www.greenworld.org.ru/?q=decom_greifswald).
7. *Бодров О.В.* 2011. Вывод из эксплуатации Игналинской АЭС (Литва). Работа над ошибками. Балт. вестн. № 114 [//http://www.greenworld.org.ru/?q=decom_iaes_21911](http://www.greenworld.org.ru/?q=decom_iaes_21911).
8. *Чупров В.А., Бодров О.В., Шкрадюк И.Э.* 2009. Корректность экономических расчетов при принятии решения о строительстве АЭС в РБ. // Снижение потребления природного газа в Беларуси: ядерный и инновационный сценарии. Минск: Бестпринт, 110 с. [//http://www.greenworld.org.ru/?q=book/export/html/980](http://www.greenworld.org.ru/?q=book/export/html/980).
9. *Sovacool B.K.* 2010. Questioning a Nuclear Renaissance. Global Public Policy Institute (GPPi) Policy Paper. Berlin, №8. 21 p. [//http://www.gppi.net/fileadmin/gppi/GPPiPP8-Sovacool-Questioning_a_Nuclear_Renaissance.pdf](http://www.gppi.net/fileadmin/gppi/GPPiPP8-Sovacool-Questioning_a_Nuclear_Renaissance.pdf).
10. Expert: Radioactive materials reached Kanto via 2 routes. 2011. The Asahi Shimbun, 24 October [//http://japanfocus.org/-Fujioka-Atsushi/3599?rand=1319647943&type=print&print=1](http://japanfocus.org/-Fujioka-Atsushi/3599?rand=1319647943&type=print&print=1); просмотрено 26.10.11 20:52.
11. *Sovacool B. K.* 2011. Contesting the Future of Nuclear Power. A Critical Global Assessment of Atomic Energy. Singapore: Imperial College Press, 308 p.

Глава 5. Атомная энергетика — спасение от изменений климата

Во второй половине XX — начале XXI вв. Человечество столкнулось с огромной проблемой — постепенным увеличением температуры поверхности планеты, которое с высокой вероятностью происходит в результате промышленных выбросов так называемых «парниковых» газов (в том числе — углекислого газа в результате сжигания органического топлива на тепловых электростанциях). Атомщики, по мере роста в мире беспокойства в связи с антропогенным изменением климата, стали активно использовать новый аргумент в пользу развития атомной энергетике: «она не дает выбросов углекислого газа, и ее развитие поможет остановить опасное изменение климата». Так ли это?

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>1. <i>«...главным препятствием для реального снижения по всему миру выбросов углекислого газа в атмосферу является упрямое противодействие антиядерных групп использованию ядерной энергии. ...самой лучшей и наиболее разумной альтернативы органическому топливу»</i> (с. 39, П. Мур).</p>	<p>Развитие использования атомной энергии — самый медленный и дорогой способ сокращения выбросов CO₂ по сравнению с повышением энергоэффективности, децентрализованной теплофикацией и возобновляемыми источниками энергии.</p> <p>Все антиатомные экологи тоже выступают против сжигания углеводородов на тепловых станциях из-за выбросов углекислого и других парниковых газов (на всех ТЭЦ), из-за сильного загрязнения атмосферы (мазутные и особенно угольные ТЭЦ). О том, что другой безопасной, практически осуществимой и экономически приемлемой технологии получения электричества без сжигания углеводородов нет, сторонники атомной энергетике твердят уже не меньше 10 лет. За это время</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>цена солнечного и ветряного электричества значительно снизилась и стала сопоставимой с ценой атомного (см. гл. 4, гл. 6 и табл. 9, 10 в приложении). Все прогнозы развития возобновляемых источников оказались заниженными — эти источники развиваются быстрее, чем предполагалось даже их сторонниками. Например, в Испании весной 2010 г. выработка электроэнергии на ветряных станциях превзошла выработку атомного электричества. В том же году в США все возобновляемые источники дали больше электричества, чем атомные. Ветряные парки и солнечные электростанции уже давно достигли мегаваттных мощностей.</p> <p>Нет сомнения, что к 2020 г. выработка электроэнергии возобновляемыми источниками в мире превзойдет мировую выработку атомного электричества.</p>
<p>2. <i>«...сегодня не существует другой (кроме АЭС. — А.Я.) безопасной, практически осуществимой и экономически приемлемой замены негодной практики сжигания углеродного топлива»</i> (с. 46, Дж. Лавлок).</p> <p>3. <i>«...атомные электростанции вообще не вырабатывают CO₂»</i> (с. 76).</p> <p>4. <i>«...Производство 1 кВт · ч электричества атомным энергоблоком абсолютно не связано с выпуском CO₂»</i> (с. 77).</p>	<p>Утверждение, что АЭС работает без выбросов парниковых газов, — неверное. Для того чтобы АЭС производила электричество, огромное количество энергии (производимой с выбросом этих газов) надо затратить на строительство самой АЭС, добычу урана и подготовку ядерного топлива, на обеспечение безопасного обращения с возникшими в ходе работы АЭС радиоактивными отходами, на разборку и захоронение самой АЭС после конца ее эксплуатации, на транспорт (см. табл. 5 и 6. приложение). В полном ядерном цикле атомная энергетика выбрасывает до 40 % угле-</p>

кислого газа на кВт · ч сравнительно с газовым циклом. При производстве ядерного топлива из низкокачественной руды (менее 0,02 % урана на тонну) атомная энергетика в полном цикле будет производить столько же CO₂, сколько газовая.

Даже если произойдет «атомный ренессанс» (в течение ближайших 20–30 лет атомщики мечтают построить более 150 атомных энергоблоков) (см. гл. 15), заметного снижения выброса углекислого газа в мире никак не получится. Для того чтобы ядерная энергетика смогла бы сыграть заметную роль в борьбе с сокращением выбросов углекислого газа, нужно увеличить в четыре с половиной раза (до 2000 от современных 444) число работающих атомных реакторов в мире к 2050 г. Только тогда можно рассчитывать на сокращение выбросов CO₂ на 20 %. Но для такого строительства каждые две недели, начиная с 2010 г. и вплоть до 2050 г., где-то в мире должен вступать в строй новый реактор. Строить столько АЭС ни при каком «атомном ренессансе» нереально. Следовательно, вклад ядерной энергетики в достижение даже скромных целей по сокращению выбросов углекислого газа окажется несущественным.

Все планируемые атомщиками сотни новых атомных блоков не смогут заместить в ближайшие 20–25 лет выходящие из строя АЭС, построенные 40–50 лет назад и давно выработавшие свой проектный ресурс. Доля АЭС в мировом производстве электричества вряд ли будет расти (скорее будет уменьшаться).

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>Если бы правительства, принимающие решения о строительстве АЭС под предлогом борьбы с изменениями климата, действительно ставили целью уменьшить влияние энергетики на глобальный климат, т. е. целый ряд многократно более эффективных мероприятий, чем строительство АЭС (например, энергосбережение, перевод ТЭЦ на газовое топливо, прекращение сжигания миллиардов кубометров попутного газа на нефтяных промыслах и т.д.).</p> <p>Наконец, позиция атомщиков по спасению биосферы от изменения климата хорошо описывается древним выражением: «Врач! Исцелись сам!» Выбросы АЭС не безвредны для климата: все атомные станции выбрасывают огромное количество криптона-85 — газа, который уже заметно увеличил электропроводность земной атмосферы (см. рис. 2 в приложении). Не исключено, что наблюдаемое в мире увеличение числа и интенсивности гроз и ураганов «на совести» атомной индустрии.</p> <p>Остается добавить, что выбрасываемый АЭС водяной пар — тоже парниковый газ, причем один из главных. По непосредственным выбросам водяного пара и образованию его на подогретых тепловыми выбросами АЭС водоемах АЭС являются рекордсменом среди промышленных предприятий. В результате выброса водяного пара и криптона-85 в окрестностях АЭС меняется локальный климат — повышается температура воды и воздуха, увеличивается число гроз.</p>

<p>5. «Производство электричества атомными электростанциями вообще не связано с образованием и выбросом SO_2» (с. 78, выделено Б. Комби).</p> <p>6. «Атомные электростанции вообще не связаны с эмиссией NOx» (с. 79, выделено Б. Комби).</p>	<p>В такой же (если не большей) степени, как и атомные, с выбросами соединений серы и азота не связаны и все возобновляемые источники энергии.</p>
<p>7. «Гринпис... утверждает, что мы можем отказаться от органического топлива и атомной энергии, а также прекратить строительство новых гидроэлектростанций. Нам следует только улучшить энергосбережение, строить больше ветродвигателей и развивать солнечные батареи... Все это прекрасные мечты... Но это попросту невозможно...» с. 28, 29, П. Мур).</p>	<p>Жизнь показывает, что масштабы и скорость внедрения возобновимых источников энергии происходит быстрее, чем предполагали даже оптимисты. Цели, поставленные Евросоюзом в 2010 г. (20 % возобновляемых источников к 2020 г. и 50 % возобновляемых источников к 2050 г.), будут достигнуты много раньше. Это не «прекрасные мечты», а реальность. Настаивать, что это «попросту невозможно», сегодня могут только те, кто отрицает очевидное. А ведь еще практически не реализованы колоссальные потенциалы использования приливной и волновой энергетики, низкотемпературной геотермальной и целый ряд других технологически доступных в неизмеримо большей степени чем, например, термоядерная энергетика.</p>
<p>8. «В настоящее время атомная энергетика позволяет избежать эмиссии углекислоты в 60 раз больше, чем ветряные турбоустановки и солнечные панели, вместе взятые» (с. 35, П. Мур).</p>	<p>Спустя всего пять лет, после того как П. Мур написал «...атомная энергетика позволяет избежать эмиссии углекислоты в 60 раз больше, чем ветряные турбоустановки и солнечные панели, вместе взятые». ситуация сильно изменилась (по мере роста производства «возобновляемого» и сокращения производства «атомного»). Пик производства атомной электро-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>энергии в мире был достигнут в 2006 г. К 2011 г. это количество уменьшилось на несколько процентов (рис. 4 в приложении). Производство электричества на возобновляемых источниках ежегодно увеличивается на 15–20 % процентов (рис. 3 в приложении).</p> <p>Уже отмечалось выше, что градирни АЭС производят немало водяного пара. Водяной пар в атмосфере — один из главных парниковых газов. Интересно было бы посчитать, насколько увеличение парникового эффекта от выбросов пара соотносится с уменьшением от несколько меньшего, чем в огневой энергетике, выброса углекислого газа.</p>
<p>9. <i>«Нет другой экологически чистой альтернативы ископаемым топливам...»</i> (с. 221).</p>	<p>Есть не одна альтернатива атомному электричеству. Прежде всего — энергосбережение. Сейчас АЭС дают около 13 % всего электричества в мире (около 4 % всей производимой энергии).</p> <p>Резервы энергосбережения в целом по миру составляют не менее 20–25 %, а в таких странах, как Россия, — около 40 %. Энергосбережение — самая дешевая и надежная альтернатива АЭС: рубль (доллар, йена, евро и др.), вложенный в энергосбережение, дает в 3–4 раза больше электроэнергии и существенно больше уменьшает выбросы углекислого газа, чем рубль, вложенный в строительство АЭС.</p> <p>Среди возобновляемых источников есть <i>«экологически чистые альтернативы ископаемым топливам...»</i>. Атомщики презрительно относятся к возможностям ветровой энергетики. И нап-</p>

расно. Например, на Кольском полуострове резервы ветроэнергетики в четыре раза больше, чем полная мощность Кольской АЭС. Эффективность ветровых энергоустановок в последние годы резко увеличивается, а стоимость — заметно снижается.

Стали очевидными колоссальные возможности экологически чистой солнечной термальной энергетики. Уже начал осуществляться проект строительства в Сахаре термальных солнечных электростанций, способных в перспективе дать Европе до 30 % необходимой электроэнергии. Россия могла бы договориться с Казахстаном об использовании таким же образом приаральских пустынь и получать оттуда электроэнергию, эквивалентную производимой на многих АЭС.

Среди перспективных экологически чистых источников электричества — приливные электростанции (с подводными турбинами), способные давать колоссальное количество электроэнергии на любом побережье Мирового океана. Сооружение таких электростанций уже началось в 2011 г. в Великобритании.

Неисчерпаемым и неизмеримо более экологически чистым, чем атомная, может стать низкотемпературная геотермальная энергетика. С помощью технологии «теплового насоса» можно превращать в электричество тепло Земли (закачивая воду в одну скважину на глубину сотен метров и получая подогретую недрами воду в другой — в любом месте на поверхности земли). Уже сейчас с помощью тепловых насосов отапливаются за счет тепла первых метров от

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>поверхности земли десятки тысяч домов в Европе и Северной Америке.</p> <p>Все такие технологии уже существуют, и их промышленное освоение зависит только от политической воли. Если бы на развитие возобновляемых энергоисточников была выделена половина средств, которые выделяются сегодня на поддержку атомной энергетики, — об атомной энергетике можно было бы забыть, как о страшном сне.</p>
<p>10. <i>«Ядерная энергия — наиболее экологически дружелюбный и освоенный источник энергии, доступный в больших количествах»</i> (с. 352).</p>	<p>Даже если бы не было атомных катастроф, подобных Чернобылю и Фукусиме, атомная энергетика никак не является самой <i>«экологически чистой»</i>, <i>«дружелюбной»</i>, <i>«освоенной»</i> и <i>«доступной»</i>. Об экологической чистоте атомной энергетики см. гл. 8. Трудно считать атомную энергию и <i>«освоенной»</i> в большей степени, чем большинство других источников (в освоенных источниках не возникают «аномальные явления», которые случаются при работе атомных реакторов). <i>«Доступность»</i> атомной энергии и относительна, и опасна: относительна — потому что она доступна только при наличии колоссальных средств (стоимость строительства одного атомного энергоблока в настоящее время около 2 млрд евро). О том, к чему ведет и может привести доступность ядерной энергии в больших количествах, и о том, что этот источник отнюдь не является <i>«дружелюбным»</i>, подробно описано в гл. 2 о радиоактивных отходах и в гл. 30 о связи атомной энергетики с атомным оружием.</p>

<p>11. «Ожесточенное неприятие защитниками окружающей среды атомной энергетики идет на нет во многих странах... Эта эволюция стала неизбежной в связи с климатическими катаклизмами, приближением конца нефтяного изобилия, а также вследствие изменений в умонастроениях людей благодаря современным, научно-образованным и реалистично мыслящим защитникам природы» (с. 210).</p> <p>12. «...большинство экологических активистов... настолько слепы, что не способны увидеть огромные и очевидные выгоды от покорения атомной энергии... Эти выгоды значительно перевешивают любые мыслимые риски...» (с. 32, Мур).</p>	<p>Рота шагает не в ногу: тех, кого называет Б. Комби «современными, научно-образованными и реалистично мыслящими защитниками природы», а П. Мур — «слепыми», можно пересчитать по пальцам. Подавляющая часть людей, обеспокоенных состоянием окружающей среды, видит решение мировых энергетических проблем не в развитии атомной энергетики, а в развитии других, менее опасных для человека и природы источников электро-энергии.</p> <p>При этом политические, экономические и экологические риски атомной энергетики много выше других способов производства электроэнергии.</p>
<p>13. » ...ядерная энергия имеет неоспоримые преимущества, ...ядерная электростанция не может взорваться подобно бомбе, ...существуют решения проблемы ядерных отходов (они невелики по объему), ...наши главные экологические и здравоохранительные проблемы лежат совсем в другой плоскости» (с. 201).</p>	<p>Ни одного «неоспоримого» преимущества у ядерной энергетики нет; крупная авария на АЭС дает стократно больше радионуклидов, чем атомная бомба; «решения проблемы ядерных отходов» существуют только в мечтах атомщиков. Последствия развития атомной индустрии (штатные и катастрофические выбросы, радиоактивные отходы) являются одной из главных экологических угроз биосфере. Важно и то, что вложения в атомную энергетику объективно сдерживают развитие возобновляемых источников энергии, отодвигая мир от устойчивого экологического развития.</p>

Б. Комби в своих размышлениях о влиянии атомной энергетики на климат ни слова не говорит о серьезной угрозе мировому климату, исходящей от атомной индустрии — проблеме криптона-85. Этого радионуклида (период полного распада около 100 лет) атомная индустрия выбрасывает огромное количество. Начиная с 1970-х годов стали появляться опасения (подкрепленные расчетами), что этот химически инертный газ не такой безобидный для атмосферы, поскольку меняет ее электропроводность [1]. Расчеты показали, что если к 2000 г. будет 2 тыс. работающих атомных блоков, то к 2020 г. криптона-85 накопится столько, что повсеместно опасно возрастет число бурь, штормов и ураганов. В 2011 г. в мире было 436 работающих атомных блоков, но похоже, что прогноз частично начинает оправдываться — число атмосферных катаклизмов, по-видимому, растет. Кстати, наблюдения показали резкое увеличение электропроводности атмосферы и после Чернобыля [3], и после Фукусимы [4].

Даже большое число АЭС не сможет значительно сократить общие антропогенные выбросы углекислого газа, и их работа (в том числе в результате выбросов водяного пара и криптона-85) приведет скорее к ухудшению, а не к стабилизации климата. Прав директор вашингтонского Института энергетики и окружающей среды (The Institute for Energy and Environment) А. Махиджани, недавно написавший: «*Слишком дорого сохранять климат в обмен на получение плутония*» [5].

Источники

1. *Легасов В.А., Кузьмин И.И., Черноплеков А.Н.* 1984. Влияние энергетики на климат. Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 20. № 11, сс. 1089–1103.
2. *Sovacool B.K.* 2008. Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey//Energy Policy. Vol. 36. P. 2940–953.
3. *Israelsson S., Schutte T., Pislser E., Lundquist S.* 1987. Increase occurrence of lightning flashes in Sweden during 1986. J. Geophys. Res. Vol. 92. P. 10996–10998.
4. *Takeda M., Yamauchi M., Makino M., Owada T.* 2011. Initial effect of the Fukushima accident on atmospheric electricity//Geophys. Res. Letters. Vol. 38. L15811, doi:10.1029/2011GL048511.
5. *Makhijani A.* 2011. The Fukushima tragedy demonstrates that nuclear energy doesn't make sense//Bull. Atomic. Sci. 21 July//<http://www.thebulletin.org/web-edition/roundtables/nuclear-energy-different-other-energy-sources>.

Глава 6. Атомная энергетика — спасение от энергетического кризиса

Производство энергии в мире пока основано на использовании ископаемого топлива. В результате добычи сотен миллионов тонн нефти ее легко извлекаемых запасов осталось лет на 20. Газа побольше, но и его запасы не безграничны, и через 30—40 лет они могут иссякнуть. Запасов угля, при его современном потреблении, хватит лет на 100, но традиционное сжигание угля приводит к колоссальному загрязнению биосферы. Возобновляемые источники энергии (солнце, ветер, гидро-, растительное топливо, геотермальные и др.) суммарно дают сегодня не больше 10 %. Перед человечеством вроде бы замаячил энергетический кризис.

Почти все рассказы об атомной энергетике начинаются с утверждения, что без АЭС миру не обойтись. Это утверждение так часто повторяется, что атомщики — а за ними и многие политики — поверили в его справедливость и считают, что развитие атомной энергетики — путь спасения человечества от надвигающегося энергетического кризиса. Но какова ситуация на самом деле?

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>1. <i>«...Ядерная энергия в сочетании с другими альтернативными источниками, такими, как энергия солнца, геотермальное тепло, энергия ветра и воды, остаются единственными безопасными и экологически дружественными средствами в разрешении мирового энергетического кризиса»</i> (с. 40, П. Мур).</p>	<p>Никакого «<i>мирового энергетического кризиса</i>» пока нет — производство электроэнергии в мире устойчиво растет. Кризис <u>прогнозируется</u> при условии, что в пределах нескольких десятков лет могут быть исчерпаны запасы нефти (возможно, через 20—30 лет), газа (возможно, через 50—60 лет) и урана (через 60—70 лет). Эти прогнозы чисто теоретические, без учета постоянного технического прогресса. Резко растет энергоэффективность (при меньших затратах энергии получается больше продукции), промышленно осваиваются новые источники энергии (в последнее десятилетие, например, сланце-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>вый газ и солнечная термальна́я энергия). «На подходе» промышленное освоение низкотемпературной геотермальной (неисчерпаемые резервы — в любом месте планеты) и приливной (подводные турбины у берегов).</p> <p>Опыт Германии показывает, что нет необходимости «сочетать» АЭС с другими источниками электроэнергии: немцы (которые умеют хорошо считать и отличаются рассудительностью) приняли решение к 2022 г. закрыть все АЭС (при одновременном сокращении выбросов углекислого газа), замещая выводимые атомные энергетические мощности повышением энергоэффективности, оптимизацией распределения электроэнергии, развитием солнечной и ветровой энергетики. Показательно, что даже после закрытия летом 2011 года семи атомных блоков, Германия осталась экспортером электроэнергии.</p>
<p>2. «Ветер и солнечная энергия, к сожалению, слишком рассеяны в пространстве и времени, электричество, которое они производят, доступно только тогда, когда дует ветер (столь неустойчивый) или когда светит солнце (самое большое — только половину суток). Миру нужны другие источники энергии — надежные, свободные от выброса вредных веществ, пригодные для ее постоянной и массовой выработки» (с. 29, П. Мур).</p>	<p>Жизнь показывает, что мнение о солнечной и ветровой энергетике как ненадежной и малоперспективной для «постоянной и массовой выработки» — ошибочно. В сентябре 2011 г. Европейская ассоциация солнечной термоэнергетики (ESTELA) опубликовала расчеты, показывающие, что полностью обеспечить электроэнергией такую развитую страну, как Испания, могут станции, концентрирующие солнечную энергию (CSP — concentrating solar power). В 2011 г. в Испании уже работала 21 CSP-станция общей</p>

	<p>мощностью 852,4 МВт [1]. На современных CSP-станциях (как, впрочем, и ветряных) есть аккумуляторы энергии, что позволяет им работать в круглосуточном режиме.</p>
<p>3. «...ущерб от продолжающегося сжигания ископаемых топлив... гораздо значительнее (чем от АЭС. — А.Я.), он угрожает не только отдельным людям, но и самой цивилизации» (с. 42, Дж. Лавлок).</p>	<p>Дж. Лавлок прав: от «сжигания ископаемых топлив», конечно, надо отказываться. Но это не значит, что замещать нефтяные, газовые и угольные электростанции надо опасными атомными.</p>
<p>4. «Эти сбросы (от АЭС. — А.Я.) очень малы также по сравнению с другими отраслями промышленности. Такое положение приемлемо до тех пор, пока дозы излучения от этих сбросов остаются сопоставимыми с уровнем естественной радиации или меньше, и эти субстанции не оказывают отрицательного влияния на экосистемы» (с. 95, 96).</p>	<p>1. Сравнить загрязнители по объему можно только при их одинаковой опасности. Радиоактивные отходы тысячekратно опаснее обычных загрязнений. Сопоставление радиационного и нерадиационного загрязнения по объему отходов — это похоже на сопоставление тяжелого с длинным или цвета с объемом. Впрочем, даже по общему объему отходов атомная энергетика не имеет себе равных: она использует доли процента от добытого сырья (99,9 % урановой руды идет в отвалы, из загруженного в атомный реактор топлива используется микроскопическая часть по весу).</p> <p>2. Сравнение антропогенной радиации с естественным радиационным фоном малопродуктивно: на протяжении эволюции популяции всех живых организмов выработали приспособления к определенному (низкому в одних местах и более высокому — в других) уровню облучения естественными радионуклидами. Превышение этого уровня, а также присутствие радионук-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>лидов чуждых современной живой природе, — заведомо опасно. Чтобы выявить конкретные изменения в экосистемах, возникающие от генерируемых атомной индустрией радионуклидов, нужны специальные многолетние исследования экосистем вокруг АЭС. Такие исследования, к сожалению, на регулярной основе не ведутся — ни у атомщиков, ни у государств не находится для этого средств (государство действует по принципу «меньше знаешь — лучше спишь», а атомщики явно опасаются получать данные о последствиях своей деятельности).</p> <p>Постепенно накапливается все больше объективных данных о серьезном влиянии АЭС на окружающие экосистемы, растительность и животный мир. Например, известно, что вокруг АЭС больше мутаций у животных и растений (см. гл. 8–10). Что атомщики станут делать, когда таких данных накопится так много, что закрывать на них глаза станет невозможно? От того, что атомщики даже посыпят свои головы пеплом, поломанные хромосомы не восстановятся... Именно для таких техногенных ситуаций сформулирован «принцип предосторожности»: если последствия влияния какого-то фактора недостаточно ясны, лучше избегать такого влияния.</p> <p>Утверждение, что <i>«эти субстанции не оказывают отрицательного влияния на экосистемы»</i>, похоже на утверждения официальных лиц после Чернобыля и Фукусимы о том, что <i>«нет непосред-</i></p>

	<p><i>дственной опасности»</i>. Это выражение на официальном жаргоне означает, что опасность есть, но последствия проявятся позже.</p>
<p>5. «Но разве можно подумать, что солнечная и ветряная энергии могут компенсировать атомную?» (Sarkozy, 2011).</p>	<p>Эти слова произнес президент Франции Н. Саркози в апреле 2011 г. [2]. А спустя всего два месяца были опубликованы данные, что в США в первом квартале 2011 г. выработка электроэнергии на основе возобновляемых источников превзошла выработку атомного электричества.</p> <p>В низких широтах (примерно до 40° северной и южной широты) для полного энергообеспечения вполне хватит солнечной энергии (фото— и термо-), в высоких широтах, на побережьях и в горах большую часть необходимой электроэнергии может давать ветер. Замечу, что по прогнозам Всемирной ассоциации ветроэнергетики (WWEA) к 2015 г. в мире выработка энергии ветро— и электрическими станциями превысит выработку атомного электричества. В большинстве морских прибрежных регионов огромны возможности для развития волновой, приливной, гидротермальной (основанной на разности температур поверхностных и глубинных вод) энергетики, использования энергии подводных течений. Повсеместно на поверхности планеты есть возможность организовать использование практически неисчерпаемых низкотемпературных (менее 100 °С) геотермальных источников (за счет внутреннего тепла Земли). Главным препятствием для освоения всех этих энергоисточников является скрытое</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>сопротивление традиционных (атомных и на ископаемом топливе) производителей электроэнергии.</p> <p>Если большая часть прямых и завуалированных государственных субсидий, выделяемых традиционным производителям электроэнергии (это, сотни млрд долларов в год), будет направлена на развитие экологически безопасных источников, мир сможет перейти, в основном к возобновляемым источникам в течение 15–25 лет.</p>

Якобы грядущий «энергетический кризис» — это сознательно поддерживаемая атомщиками «страшилка» — в мире есть достаточно путей и средств не допустить энергетического голода без использования опасной атомной энергетики. И еще одно общее замечание о роли атомной энергетики в решении проблемы мирового энергообеспечения: коммерческие запасы урана-235 не превышают по своему энергетическому потенциалу запасы нефти. Уже поэтому атомная энергетика никак не может кардинально решить энергетическую проблему. На аргумент атомщиков, что у них вот-вот будут новые реакторы-бридеры, которые способны многократно использовать регенерированное урановое топливо (см. гл. 13), ответ такой: легко доступные запасы урана иссякнут прежде, чем бридеры смогут заменить существующие реакторы на медленных нейтронах.

Источники

1. CSP-станции могли бы обеспечить электроэнергией всю Испанию!// <http://gp-russia.livejournal.com/1471919.html>.
2. *Sarkozy N.* 2011//http://www.bellona.ru/news/news_2011/1310121301.06?.
3. *Sovacool B. K.* 2011. *Contesting the Future of Nuclear Power R. A Critical Global Assessment of Atomic Energy.* Singapore: Imperial College Press, 308 p.

Глава 7. Термояд решит все проблемы

Вся современная атомная энергетика основана на реакции деления (расщепления) ядра и потому неустранимо опасна (подробнее см. гл. 1). Не менее 45 лет идет разработка принципиально другого направления ядерной энергетике, основанном на синтезе (слиянии) легких ядер, — термо-ядерной энергетике. При синтезе ядер атомов дейтерия, трития, гелия должно выделяться огромное количество энергии. Теоретически термоядерный реактор должен быть намного безопаснее ядерного реактора (неуправляемая реакция синтеза исключена физически). Топлива (водород) неограниченное количество. Нет связи с оружием массового уничтожения. Нет проблемы долгоживущих радиоактивных отходов. Однако...

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>1. «Управляемый ядерный синтез окажется идеальным ответом на сегодняшние проблемы получения энергии и охраны окружающей среды» (с. 177).</p>	<p>1. Говорят «дьявол — в деталях». Хотя в термоядерной энергетике нет ядерной опасности, радиационное загрязнение может быть весьма существенным. Радиоактивно опасно топливо (тритий), высокорadioактивны будут все конструкционные материалы установки в результате облучения нейтронами, в системе охлаждения будут образовываться радиоактивные продукты коррозии.</p> <p>Есть серьезные проблемы обеспечения безопасности лития (необходим для осуществления термоядерной реакции) — малейшая влага вызывает его возгорание и взрыв.</p> <p>Вероятно, что с термоядом будет связан и разогрев атмосферы и вод, который может быть много значительнее, чем при работе обычной АЭС.</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>Наконец, неясно, насколько может быть рентабельным производство электроэнергии путем термоядерного синтеза. Например, похоже, что невозможно создать материал, способный выдержать нейтронную бомбардировку в 100 раз интенсивнее, чем в ядерных реакторах. Придется часто (возможно, ежегодно) заменять конструкции реактора, и их стоимость может быть больше стоимости произведенной на них энергии.</p>
<p>2. «На завершение всех работ в этом направлении (термоядерного синтеза. — А.Я.) потребуется около 50 лет. При удачном исходе именно эта энергия будет служить на пользу человечества и планеты» (с. 176).</p>	<p>Предполагается, что Международный термоядерный экспериментальный реактор (International Thermonuclear Experimental Reactor — ITER) даст знания, которые позволят лет через 30 создать прототип промышленного термоядерного реактора, и в этом случае промышленное использование термоядерной энергии возможно через 40 лет. На ITER сейчас Евросоюз тратит около 200 млн евро ежегодно. Если бы в течение 10 лет эти деньги (2 млрд евро) были израсходованы на доведение до промышленного использования и субсидирование волновой, приливной, низкотемпературной геотермальной и других возобновляемых источников электроэнергии, развития ни атомной, ни термоядерной энергетики бы не потребовалось. Потенциал только волновой энергии морей, окружающих Европу, — 30 % электроэнергии для этого континента. Еще 30 % могут дать солнечные (термальные) станции в Сахаре.</p>

<p>3. «Но превращение научно-фантастической мечты в промышленную реальность с рабочей температурой в 1200 миллионов градусов вряд ли окажется легкой задачей. Будем все же оставаться оптимистами и продолжать работать по программе ИТЕР. Даже если шансы на успех всего 50 %, стоит попытаться» (с. 178).</p>	<p>Многие крупнейшие физики говорят о теоретической незавершенности релятивистской физики — основы представлений о термояде. По прогнозам физиков-атомщиков 30-летней давности управляемый термоядерный синтез уже к 2000 г. должен был бы решить энергетические проблемы человечества. Алхимики получали деньги на свои исследования под мечту о получении золота. Превращения элементов они не добились, но заложили основы химии. Так и программа ИТЕР — энергетическую проблему не решит, но науку в каких-то направлениях продвинет.</p>
--	---

Ни один из многочисленных прогнозов атомщиков об освоения термоядерного синтеза не оправдался. Я не вижу серьезных оснований рассчитывать на термояд как средство практического решения проблемы получения дешевой и безопасной электроэнергии в обозримом будущем. Хорошо сказал директор вашингтонского Института энергетики и окружающей среды А. Махиджани: *«К счастью, человечество уже имеет термоядерный реактор на небе: солнце, которое дает к тому же и ветер»* [1].

Источники

1. *Makhijani A.* 2011. The Fukushima tragedy demonstrates that nuclear energy doesn't make sense//Bull. Atomic. Sci. 2011. 21 July //http://www.thebulletin.org/web-edition/roundtables/nuclear-energy-different-other-energy-sources.

* * *

Все кратко рассмотренные во второй части книги посулы атомщиков — спасение от изменений климата, спасение от «энергетического кризиса», дешевизна атомного электричества и термояд как светлое будущее — не безобидны уже потому, что запутывают и отвлекают общество (инженеров, изобретателей, бизнес) и политиков (лиц, принимающих решения), от других менее опасных путей обеспечения человечества электроэнергией. И как следствие приводят к трате колоссальных средств, которые — в интересах безопасного развития человечества — можно использовать более эффективно.

ЧАСТЬ 3

О НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ АТОМНЫХ МИФАХ

В этой части критически рассматриваются такие широко распространенные утверждения атомщиков, как «Атомная энергетика — экологически чистая», «АЭС безопаснее тепловых электростанций и химических предприятий», «Искусственная радиация мала, безвредна и даже полезна», «Пора забыть Чернобыль», «Атомная энергетика обеспечивает независимость», «Реакторы на быстрых нейтронах выгодны и безопасны», «Французская атомная энергетика — самая эффективная и безопасная», «Наступает «атомный ренессанс». В заключение этой части рассмотрен «принцип естественной изменчивости», предлагаемый Б. Комби как теоретическое оправдание приемлемости влияния атомной энергетике на человека и природу.

Глава 8. Атомная энергетика — экологически чистая

Утверждение об экологической чистоте (незначительности влияния на природу и человека) атомной энергетике, пожалуй, второй по популярности — после утверждения о дешевизне атомного электричества (см. гл. 6), — аргумент атомщиков в большинстве споров о развитии атомной энергетике. Так ли это? Сначала рассмотрим последствия работы АЭС для природы, а затем — для человека.

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>1. <i>«...атом — это не только разрушительная сила. Он может служить на благо человечества без ущерба для окружающей среды»</i> (с. 57).</p> <p>2. <i>«Чистая ядерная энергетика безопасна и дружелюбна по отношению к окружающей среде»</i> (с. 12).</p>	<p>Весь 60-летний опыт развития атомной индустрии говорит о том, что атом НЕ может служить на благо человечества <i>«без ущерба для окружающей среды»</i>. Этот ущерб, прежде всего, конечно, в загрязнении воздуха, воды, почвы, живых организмов радиоактивными изотопами химических веществ (радионуклидами), которых не было в заметных количествах последние сотни</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>3. <i>«Это (атомная энергия. — А.Я.) единственный источник чистой энергии...»</i> (с. 30, П. Мур).</p> <p>4. <i>«...развитие ядерной энергетики представляется... решением большинства насущных мировых проблем»</i> (с. 34, П. Мур).</p> <p>5. <i>«Во имя будущего нашей планеты мы должны не противодействовать развитию атомной энергетики, а всячески способствовать ее ускоренному росту»</i> (с. 40, П. Мур).</p> <p>6. <i>«...атомная энергия есть САМАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ ИЗ ДОСТУПНЫХ НАМ ФОРМ ЭНЕРГИИ...»</i> (выделено Б. Комби. — А.Я.) (с. 71)</p>	<p>миллионов лет на планете Земля, а также в тепловом загрязнении атмосферы и гидросферы, в прямом уничтожении множества водных организмов на водозаборах АЭС.</p> <p>В процессе работы атомного реактора суммарная радиоактивность по цепочке деления урана возрастает в миллионы раз. Начальная суммарная активность уранового топлива при загрузке реактора ВВЭР-440 (около 40 т урана, с обогащением около 3 % по урану-235), составляет 6×10^{11} ПБк (16 Ки). Через год работы реактора радиоактивность образовавшихся продуктов увеличивается в 100 млн раз (до 4×10^{19} Бк, или 10^9 Ки). При производстве одного ГВт/год электроэнергии в реакторах АЭС образуется 10^{19} Бк (около 300 млн Ки) радиоактивных продуктов деления.</p> <p>По цепочкам расщепления урана-235 в атомном реакторе образуются около 300 различных радионуклидов, из которых более 30 попадают в атмосферу, в том числе йод-129 (период полного распада 160 млн лет), углерод-14 (57 тыс. лет), цезий-137 (300 лет), тритий (123 года), криптон-85 (106 лет), йод-131 (80 суток), ксенон-133 (5,3 дня), йод-133 (5,3 дня). Средне- и долго-живущие радионуклиды накапливаются в биосфере, повышая ее радиоактивность (впервые за последние сотни миллионов лет геохимической эволюции Земли). Влияние короткоживущих (распадающихся в течение минут и первых</p>

	<p>часов) мало изучено, но километровые столбы ионизированного воздуха («свечи»), стоящие над любой АЭС, вряд ли совсем безобидные и «дружественные».</p>
<p>7. «...мир должен ПРОДВИГАТЬ АТОМ (выделено Б. Комби. — А.Я.), <i>пока для этого еще есть время»</i> (с. 153).</p>	<p>Атомщики понимают, что с каждым годом появляется все больше возможностей для развития иных — не атомных — генераций электричества. И «пока еще есть время» отчаянно пытаются получить побольше средств на развитие отрасли. Время не на стороне атомной энергетики — от чертежей до пуска АЭС проходит в среднем около 10 лет. В последнее время за 10 лет энергетический ландшафт мира заметно меняется — и не в пользу атомной энергетики.</p>
<p>8. «Эта энергия (атомная. — А.Я.), <i>хотя потенциально и сопряжена с опасностью для людей, представляет незначительную угрозу для планеты»</i> (с. 44).</p>	<p>В. И. Вернадский еще в 1922 г. писал: «Недалеко время, когда человек получит в свои руки атомную энергию... Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направить ее на добро, а не на самоуничтожение?» [1]. Судя по результатам развития атомной индустрии в мире, пока человек так и не сумел использовать атомную энергию безопасно. С развитием атомной индустрии впервые за время эволюции биосферы общая радиоактивность биосферы стала расти. Ранее, на протяжении нескольких миллиардов лет, радиоактивность биосферы постоянно уменьшалась за счет распада долгоживущих радионуклидов, существовавших в начальный период образования Земли из ядерного сгустка космического вещества. Атомная</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>индустрия повернула вспять этот процесс: сейчас разнообразные радионуклиды (в том числе давно исчезнувшие на планете в значимых количествах) вновь стали возникать в атомных реакторах, и общая радиоактивность биосферы стала медленно, но увеличиваться (атомная промышленность ежегодно выбрасывает в атмосферу около 36 ПБк антропогенных радионуклидов).</p> <p>Опасные изменения вносит атомная индустрия и в атмосферу планеты, выбрасывая огромное количество криптона-85 (период распада 106 лет). Накапливаясь в атмосфере, он меняет ее электропроводность (в результате больше гроз, бурь и ураганов). Влияние неизбежных атомных катастроф распространяется на многие тысячи километров. Даже спустя 25 лет после Чернобыльской катастрофы в лесах Франции, Швейцарии, Германии, Швеции встречаются кабаны, олени и грибы, которые содержат опасно высокие уровни радионуклидов. В Балтийском море и скандинавских озерах и сейчас плавают рыбы с заметным уровнем чернобыльского радиоактивного цезия. Осадки с чернобыльским цезием обнаруживаются в донных отложениях озер Китая и Египта.</p> <p>Спустя несколько лет похожая ситуация выяснится и для фукусимских радионуклидов. Уже сейчас известно, что радиоактивный йод Фукусимы загрязнил экосистемы США и Китая.</p>

9. «Атомная промышленность — единственная отрасль, которая практически не выбрасывает ядовитых химических отходов в окружающую среду» (с. 59).

10. АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА НЕ ВЫБРАСЫВАЕТ НИКАКИХ ЯДОВИТЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ»

(с. 81, выделено Б. Комби. — А.Я.).

Утверждение, что атомная промышленность не выбрасывает в окружающую среду никаких «ядовитых» химических веществ — ошибочно. Такие ядовитые химические вещества, как цезий, стронций, йод, выбрасываются в окружающую среду и обнаруживаются в заметных концентрациях вокруг атомных станций. Плутоний — один из самых токсических химических веществ (элементов). До начала «атомной эры» (до 1945 г.) во всей массе нашей планеты было не больше 50 кг этого вещества. В наши дни любая АЭС вырабатывает ежегодно десятки килограммов плутония.

Атомная отрасль — единственная, которая создает новые формы простых химических веществ (элементов), которых не существовало в заметных количествах в последние сотни миллионов лет на Земле.

Утверждая, что атомная промышленность *«...практически не выбрасывает ядовитых химических отходов в окружающую среду»*, Б. Комби дезинформирует читателя. Атомная индустрия на всех этапах своей деятельности рутинно генерирует огромное количество радиоактивных отходов (см. гл. 2), включающих немало токсических химических веществ.

Чем, как не химическими веществами, являются радиоактивные отходы от работы АЭС? Как можно говорить, что *«Атомная промышленность — единственная отрасль, которая практически не выбрасывает ядовитых химических отходов в окружающую среду»*, если так и не решена атомщиками проблема радиоактивных отходов, состоящих из простых и сложных химических веществ?

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>11. <i>«Хорошо спроектированная атомная электростанция почти не влияет на окружающую среду»</i> (с. 86).</p>	<p>Это не так. Любая АЭС серьезно влияет на окружающую среду. Во-первых, выбрасывая огромное количество радионуклидов и, во вторых, выбрасывая большое количество тепла. Выбросы радиации малозаметны — радиация не улавливается ни зрением, ни обонянием, ни осязанием, ни вкусом. Но это не значит, что их нет или что они пренебрежимо малы. В реакторе ВВЭР-1000 по регламенту может находиться до одного процента тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) с поврежденными оболочками. Один процент — это 480 ТВЭЛов. Из поврежденных ТВЭЛов разные радионуклиды — продукты расщепления урана — попадают в теплоноситель. Даже по нормам [2] годовые <u>допустимые</u> выбросы только т.н. «инертных» радиоактивных газов (ИРГ) составляют для одного реактора типа ВВЭР-1000 690 ТБк (18 630 Кири). С учетом других штатных радиоактивных выбросов такой реактор за 40 лет (среднее время эксплуатации) суммарно выбрасывает в биосферу радионуклидов общей активностью около 740 тыс. Ки. Для сравнения: весь чернобыльский выброс официально составил около 50 млн Ки. Большая часть этой радиоактивности содержится в газоаэрозольных выбросах и создается короткоживущими радионуклидами. Большинство этих радионуклидов распадается за несколько часов или дней. Но считать, как утверждают атомщики, — что поэтому они безопасны — неправильно. Во-первых, эти «коро-</p>

тышки» вызывают ионизацию атмосферы (последствия которой для живого пока недостаточно изучены). Во-вторых, они распадаются не бесследно, а с образованием опасных дочерних продуктов (например, ксенон превращается в цезий, криптон — в рубидий).

Кроме газоаэрозольных выбросов, любая АЭС выбрасывает в атмосферу радионуклиды — продукты коррозии реактора и первого контура, а также «осколки» деления урана (хром-51, магний-54, кобальт-60, ниобий-95, рутений-106, церий-144 и др.). Эти радионуклиды прослеживаются на несколько десятков километров вокруг любой АЭС. А есть еще неизбежные регулярные выбросы и сбросы трития (водород-3) и углерода-14. И тритий, и радиоуглерод не задерживаются никакими фильтрами (для трития не преграда и 20-см стальная оболочка реактора) [3].

Дополнительное облучение не может не сказываться на обитающих здесь живых организмах. Например, для всех изученных в этом отношении окрестностей АЭС в США и Европе обнаружено увеличение числа мутаций у насекомых. Влияют и тепловые выбросы АЭС.

Выбросы радиации, тепловое нагревание среды, изменение электромагнитного поля в окрестностях АЭС, гора долгоживущих радиоактивных отходов от всего ядерно-топливного цикла — и это все *«почти не влияет на окружающую среду»?*

Напомню и о процессе синергизма — усиление негативных эффектов

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>при сочетанном действии разных факторов. Такой синергизм может возникать в результате взаимодействия радионуклидов и попадающих в биосферу от действия промышленности, транспорта, сельского хозяйства обычных (не радиоактивных) химических веществ [4]. Тем более, что нормы радиационной безопасности регламентируют только индивидуальные радионуклиды и ограниченный круг их химических соединений.</p>
<p>12. <i>«...количество химических веществ, выбрасываемых в окружающую среду атомной электростанцией, пренебрежимо мало, а радиоактивные сбросы лишь незначительно повышают естественный уровень радиоактивности в месте нахождения станции»</i> (с. 86, 87).</p>	<p>Действительно, работающая в штатном режиме АЭС выбрасывает не такое уж большое количество радионуклидов. Но среди этих радионуклидов, которые в составе газоаэрозольных выбросов АЭС попадают в атмосферу, есть такие долгоживущие как йод-129 (период распада около 160 млн лет), углерод-14 (период распада более 57 тыс. лет), цезий-137 (период распада 300 лет), водород-3, или тритий (период распада 123 года), криптон-85 (период распада 106 лет).</p> <p>Из этого факта следует два важных вывода:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) многие выброшенные АЭС радионуклиды сохранятся в биосфере на веки вечные; 2) количество таких долгоживущих радионуклидов, пренебрежимо малое в минуту или час, будет постоянно увеличиваться в биосфере до тех пор, пока будут работать АЭС. <p>Вот один из множества официальных документов:</p>

«В пробе атмосферного воздуха, отобранной 27—28 июля 1996 г. в Санкт-Петербурге, были зафиксированы концентрации йода-131, цезия-134 и цезия-137 при северо-западном направлении ветра. Это дает основание предположить как источник их поступления Ленинградскую АЭС...» [3].

Среднесуточный выброс радиоактивных газоаэрозолей всеми АЭС России составляет около 750 Ки (около 300 тыс. Ки в год). Суммарная величина разрешенных и запланированных выбросов от всех существующих АЭС в мире на протяжении всего срока их эксплуатации (даже без учета продления сроков жизни АЭС, практикуемого сейчас в мире), превышает общую величину Чернобыльского выброса!

Атомщики (будем считать, что по простоте душевной) утверждают, что большая часть газоаэрозольных выбросов бесследно распадается за несколько часов или дней. Но за эти несколько часов или дней радиоактивные выбросы успевают распространиться на десятки и сотни километров от АЭС.

Принципиально ошибочно считать влияние АЭС *«пренебрежимо малым»* потому, что *«...радиоактивные сбросы лишь незначительно повышают естественный уровень радиоактивности в месте нахождения станции»*. *«Малое»* совсем не означает *«незначительное»*. В ходе эволюции все живое приспособилось к естественному радиационному фону, и любое сколь угодно малое его превышение опасно. Представим себе естественный радиационный фон в виде сосуда, до краев наполненного жид-

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>костью. Любые дополнительные капли — безотносительно к объему сосуда! — вызовут переливание жидкости через край. А ведь количество дополнительной жидкости ничтожно в сравнении с уже имеющейся в сосуде. Другая аналогия: масса человечества составляет неизмеримо малую часть массы всей планеты Земля. Однако Человек — геологическая сила, изменяющая облик планеты.</p> <p>Кроме того, есть такой процесс, как биоаккумуляция. Радионуклиды обладают способностью накапливаться в живых организмах, и их концентрация может возрастать в сотни тысяч раз. В мелких водных организмах в реке Колумбия (США), в непосредственной близости от объектов атомной индустрии, концентрация некоторых радионуклидов в 2 тыс. раз выше, чем в воде; в рыбах, поедающих этот планктон, — выше в 15 тыс. раз; в теле рыбацких птиц — выше в 40 тыс. раз; в теле ласточек, которые кормятся насекомыми, летающими над водой, — выше в 500 тыс. раз, а в желтке яиц водоплавающих птиц — выше в миллион раз. Коэффициенты накопления радионуклидов в водных растениях достигают 17 500 для рутения-106 и 234 тыс. для цезия-144. При таком накоплении радионуклидов поражение генетического аппарата клеток (молекул ДНК и РНК) неизбежно.</p> <p>При маломальски объективном исследовании вокруг любой АЭС в почвах, растениях, грибах можно обнару-</p>

	<p>жить градиент значений содержания радионуклидов, уходящий на десятки километров. Так, например, изменяется содержание радионуклидов цезия в грибах подберезовиках в окрестностях Ленинградской АЭС: 9 км от АЭС — цезий-137 $954,0 \pm 7,0$ Бк/кг; цезий-134 — $49,0 \pm 1,5$; в 22 км от АЭС — цезий-137 — $337,6 \pm 3,6$; цезий-134 — $15,4 \pm 0,8$ [2, см. также табл. 13 в приложении].</p> <p>Еще в 1985 г. федеральное Агентство по охране среды Швейцарии признавало, что в «окрестностях ряда АЭС и ядерных предприятий (шахты) могут возникать большие поражения, чем на сопоставимых площадях, не имеющих ядерных предприятий...» [5].</p> <p>С подветренной стороны у всех изученных в этом отношении АЭС (АЭС «Крюммель» в Германии, АЭС «Милано» и «Мендризо Лейбштад» в Швейцарии, АЭС «Крис-Мальвил» во Франции, американских АЭС «Три-Майл-Айленд» и «Пит Ботом») встречается статистически больше мутировавших насекомых. Число таких деформированных насекомых сокращается в окрестностях АЭС после ее остановки [6].</p>
<p>13. «Единственным и практически несущественным фактором воздействия АЭС на окружающую среду является изменение окружающего пейзажа и небольшое нагревание... воды моря или реки... что способствует росту подводного мира» (с. 87).</p>	<p>Это, конечно, не так: тепловое воздействие АЭС — не единственное. Выбрасываемые АЭС радионуклиды оказывают воздействие и на электропроводность атмосферного воздуха, и на состояние животных и растений. У растений и животных вблизи АЭС повышен уровень содержания ряда радионуклидов и соответственно выше уровень мутаций.</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>Теперь что касается «<i>несущественности</i>» теплового воздействия и пользы для «<i>подводного мира</i>». В 1998 г. Бюро по улучшению деловой практики США (NAD) официально определило утверждение атомщиков о том, что атомная энергетика помогает охране окружающей среды, как «<i>вводящее в заблуждение</i>». А в 1999 г. Федеральная комиссия по торговле США (FTC) подтвердила то, о чем постоянно твердят экологи: «<i>...сброс горячей воды из охлаждающих систем (атомных станций. — А.Я.) наносит вред окружающей среде...</i>».</p> <p>Известно немало расчетов по ежегодной гибели миллионов рыб, черепах и других морских животных в водах заборам АЭС. Как все это соотносится с утверждением Б. Комби, что АЭС «<i>способствует росту подводного мира</i>»?</p> <p>Исследования показали, что рыбы, обитающие в водоемах-охладителях АЭС, отличаются повышенной асимметрией (асимметрия — чуткий показатель ухудшения качества среды обитания). Все эти и другие факты подтверждают, что АЭС — мощный негативный фактор влияния на окружающую среду.</p> <p>Негативному влиянию сбросов нагретой воды и забору огромного количества воды для охлаждения посвящены десятки научных исследований и сотни других публикаций. Вот одна из последних (июль 2011 г.) по Великим озерам в США, основанная на официальных (заниженных) данных:</p> <p>— гибель рыб на АЭС «Пойнт Бич» на озере Мичиган ежегодно приводит к</p>

	<p>сокращению коммерческих уловов рыб на пять тонн;</p> <p>— АЭС «Кук» на озере Мичиган уничтожает более 1 млн. 300 тыс рыб ежегодно;</p> <p>— только один реактор АЭС «Найн Майл Пойнт» на озере Онтарио уничтожил более 154 тыс. рыб в 2007 г. [7].</p>
<p>14. <i>«...экосистема реки не нарушится сколько-нибудь значительно из-за увеличения температуры всего лишь на несколько градусов, так как мы знаем, что в этой местности разница зимних и летних температур воды может составить 10 – 20°»</i> (с. 87).</p> <p>15. <i>«Если, сравнив температуру воды вверх и вниз по течению от электростанции, мы обнаружим разницу в несколько градусов, но при этом температура воды всегда будет оставаться ниже максимальной зарегистрированной в природе, то можно заключить, что мы не создаем чрезмерной опасности для окружающей среды»</i> (с. 93).</p>	<p>Логика Б. Комби далека от научной. Есть сезонные изменения температур, к которым за миллионы лет эволюции приспособлены все процессы в живой природе (спячка, изменение обмена веществ и др.). Изменение среднемесячных температур на доли градуса уже сказывается на сельскохозяйственном производстве — об этом говорит и практика, и агробиологическая наука. Даже небольшие изменения температуры в водоемах сказываются на биологии (в том числе на размножении) рыб, амфибий и других водных животных. Кроме того, сезонное повышение понижение температуры по биологическому эффекту существенно отлично от постоянного подогрева водоема теплыми сбросами АЭС.</p>
<p>16. <i>«Атомная электростанция:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● <i>потребляет 27 тонн обогащенного до 3 % урана;</i> ● <i>не выбрасывает ни грамма CO₂ (нет парникового эффекта);</i> ● <i>не выбрасывает ни SO₂ (нет кислотных дождей), ни NOx (нет респираторных раздражений);</i> ● <i>нет никакой пыли и золы»</i> 	<p>Однако:</p> <p>1. Чтобы получить 27 т обогащенного до 3 % урана (типичная загрузка одного реактора АЭС), надо куда-то деть 450 тыс. т жидких радиоактивных отходов, 135 тыс. т твердых радиоактивных отходов и больше 150 т обедненного урана (не говоря уже о перемещениях сотен тысяч тонн породы при добыче руды открытым способом или закачи-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
(с. 81).	<p>вании в недра тысяч тонн опасных веществ при добыче подземным).</p> <p>2. Хотя в самих реакторах АЭС действительно не образуется CO_2, утверждать, что производство атомного электричества обходится без выброса парниковых газов, неверно. В полном ядерно-топливном цикле (от добычи урана до хранения/захоронения возникающих радиоактивных отходов) атомная энергетика выбрасывает около 40 % CO_2 на кВт · ч произведенного электричества от того количества, что выбрасывает при этом газовая электростанция [13]. При этом уже в недалеком будущем, при использовании менее богатой урановой руды (необходимость перемещения и переработка дополнительных сотен миллионов тонн горных пород), атомная энергетика может сравняться с другими способами производства электричества по объему выбрасываемого углекислого газа.</p> <p>3. Соединения серы и азота, которые выбрасывают угольные и мазутные электростанции, крайне опасны. Но эти тепловые станции не увеличивают — как атомные, — радиоактивность планеты. А атомная индустрия — увеличивает (впервые за последние сотни миллионов лет). Такое изменение хода геофизической эволюции Земли не может быть безопасно для биосферы. Выбросы атомной индустрией огромного количества криптона-85 влияют на климат, возможно, не слабее парниковых газов: меняется</p>

	<p>электропроводность атмосферы, и это приводит к увеличению силы и частоты гроз, бурь, штормов и ураганов.</p> <p>4. Сама АЭС действительно не пылит, но немало радиоактивной пыли образуется при добыче урана в карьерах и шахтах, что же касается золы, то есть немало способов обращения с золой от угольных ТЭЦ. Но что делать с радиоактивной «золой» — отработавшим ядерным топливом, — никто в мире ничего путного пока не придумал.</p>
<p>17. «Нет никакой причины для паники, особенно потому, что уран в реакторах — это просто естественный уран, добытый из рудников и очищенный от примесей» (с. 95).</p>	<p>В одном абзаце у Б. Комби содержится сразу несколько неверных утверждений.</p> <p>1. Неверно, что уран в реакторах — «<i>просто естественный уран</i>». В атомном реакторе с ураном происходят физические превращения (потому и реактор называется реактором), в ходе которых из природного урана образуется множество новых радиоактивных веществ. Многие из них практически отсутствовали (или присутствовали в ничтожных количествах) в биосфере до начала атомной эры. Не беспокоится («<i>нет... причины для паники</i>») по поводу того, что расщепление атомов урана в атомных реакторах приводит к образованию радионуклидов, практически отсутствовавших в природной среде, — близорукий и далекий от научного подход.</p>
<p>18. «Продукты ядерной реакции — радиоактивные отходы... — не рассеиваются в окружающей среде, а тщательно изолируются</p>	<p>Неверно, что радиоактивные отходы «<i>не рассеиваются в окружающей среде, а тщательно изолируются</i>». Зачем на каждой АЭС высоченная труба (100 и больше метров высотой), если не для</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p><i>от нее» (с. 95).</i></p>	<p>РАССЕИВАНИЯ радиоактивных отходов?</p> <p>Б. Комби должен бы знать, что не только газоаэрозольные радиоактивные отходы не изолируются, но не изолируются и такие возникающие в любом атомном реакторе радионуклиды, как тритий, радиоуглерод, цезий, стронций и много других (которые инструментально определяются в окрестностях любой АЭС). <i>«Тщательно изолировать»</i> пока удается лишь некоторые радионуклиды, продолжительность существования которых сравнительно невелика (месяцы, годы, десятилетия). Что делать с долгоживущими РАО — одна из центральных и нерешенных проблем всей атомной энергетики (не найдено конструкционных материалов и технологий, способных надежно изолировать такие РАО хотя бы на первые тысячи лет). (См. гл. 2.)</p>
<p>19. «Атомные электростанции не вводят в экосистемы в сколько-нибудь значительных количествах новой радиоактивности или химических веществ. Имеются некоторые сбросы, но они минимальны по сравнению с природными изменениями» (с. 95).</p>	<p>Неверно, что АЭС <i>«не вводят в экосистемы в сколько-нибудь значительных количествах новой радиоактивности или химических веществ»</i>. АЭС создают и вводят, и в огромных количествах, радиоактивные химические вещества. Некоторых из таких веществ сейчас многократно больше в биосфере сравнительно с тем, что было до начала атомной эры (перечень основных антропогенных радионуклидов см. в табл. 4 в приложении).</p>

20. *«...речная рыба, а также олени, кроты, полевые мыши и другие сухопутные млекопитающие живут и очень хорошо размножаются в непосредственной близости от атомных электростанций, где уровень радиоактивности только чуть выше того естественного уровня, который был в этом месте до их строительства» (с. 96).*

Отрицать влияние даже нормально работающих АЭС на окружающую живую природу сегодня может только очень предвзятый или малоинформированный человек. С научной точки зрения нет оснований для безапелляционных утверждений о «хорошем размножении» речных рыб и сухопутных млекопитающих в непосредственной близости от АЭС — таких систематических исследований просто не проводилось.

Однако описаны эффекты неблагоприятного влияния АЭС на пресноводных рыб (увеличен уровень флуктуирующей асимметрии у рыб около Ленинградской и Игналинской АЭС — объективный показатель нарушений индивидуального развития). Совпадения поражения лесов с расположением АЭС и розой ветров были обнаружены в Швейцарии, Франции и Германии [5].

Влияние радионуклидов в концентрациях «чуть выше того естественного уровня, который был... до... строительства» АЭС известно не только для млекопитающих, но и для птиц, амфибий, беспозвоночных. То, что мы пока в большинстве случаев не знаем, как это радиоактивное загрязнение сказывается на жизни экосистем, окружающих АЭС, не значит, что такого влияния нет. Впрочем, известно много интересного. И то, что вокруг некоторых АЭС уровень мутаций у растений выше (например, Ленинградская АЭС) или что вокруг всех АЭС, обследованных в этом отношении, выше уровень встречаемости аномальных форм некоторых насекомых (АЭС Швейцарии, Германии, Швеции, США).

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>21. «Большим преимуществом радиоактивности с точки зрения сохранения окружающей среды является ее свойство спонтанно уменьшаться со временем... (закон радиоактивного распада), и нам остается только ждать, пока радиоактивность не уменьшится сама собой» (с. 105, 106).</p>	<p>Даже праправнуки Б. Комби не дождутся, пока распадутся выброшенные АЭС в окружающую среду криптон-85 (период распада 106 лет), радиоактивный водород (период распада 123 года), радиоактивный цезий (период распада 300 лет). Распада выброшенного радиоуглерода (57 300 лет) не дождется и все человечество. Ну а полный распад радиоактивного йода, выброшенного АЭС, зафиксируют разве что инопланетяне, если они через 157 млн лет попадут на Землю.</p> <p>Важен не только период распада, но и доступность радионуклида, его присутствие рядом с живыми существами. Через 25 лет после Чернобыльской катастрофы почти наполовину уменьшилась физическая активность выброшенных из взорвавшегося атомного реактора цезия и стронция. Но, погружаясь ежегодно примерно на один сантиметр в глубь почвы, эти радионуклиды попали в зону, где располагается основная масса корней растений. Поэтому растения стали выносить их наружу. Физически радиоактивность в данном месте уменьшилась, а облучение живых существ на поверхности почвы и по цепям питания (включая человека) не уменьшилось, а увеличилось.</p>
<p>22. «Процесс добычи урановой руды никоим образом не увеличивает его радиоактивность» (с. 335).</p>	<p>Ни увеличения радиоактивности на планете от добычи урана, ни увеличения радиоактивности самого урана при добыче урановой руды действительно не происходит. Однако опасность до-</p>

полнительного облучения населения растет при добыче руды. Радионуклиды (не только уран, но и продукты его распада, включая радон, радий, полоний) поднимаются на поверхность и попадают в среду обитания человека. В результате в районе урановых разработок уровень радиоактивности может увеличиваться тысячекратно.

Сходное вовлечение естественной радиоактивности (до того безопасно для человека «спящей» в недрах) происходит во много меньших масштабах и при добыче угля и нефти.

Добыча и первичная переработка урановой руды — экологически грязное производство. Экологические последствия добычи урана связаны не с увеличением его радиоактивности, а с увеличением опасности облучения.

На каждую тонну получаемого урана образуются сотни тонн низкоактивных отходов. В районах расположения таких отвалов рудных пород даже после их рекультивации мощность гамма-излучения достигает 250 мкР/ч, активность альфа-излучения — 13 тыс. Бк/кг (что в десятки раз выше естественного фона). Концентрация радона в рудничных водах увеличена в 100–500 раз по сравнению с фоновой. В водоемах, куда попадают рудничные и сточные воды, обнаруживаются радионуклиды полоний-210, свинец-210, торий-230 в опасных концентрациях. Кроме того, в донных отложениях всегда накапливаются радионуклиды радия и урана (см. рис. 8 в приложении).

Урановые рудники и их хвостохранилища служат и источником радиоак-

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>тивного загрязнения атмосферы поверхности земли и водоемов радон-222, торием-230, радием-226, полонием-210, свинцом-210 и ураном. Радиоактивные продукты распада радона (полоний-210, свинец-210 и их продукты распада) обнаруживаются за много километров от урановых рудников. У рабочих на урановых рудниках достоверно повышена частота заболевания раком легких.</p> <p>При подземном выщелачивании радионуклиды урана и его производных переходят в подвижное состояние и могут распространяться на большие расстояния, опасно загрязняя подземные и грунтовые воды.</p> <p>Урановые месторождения есть во многих странах — Канаде, США, Чехии, Румынии, Франции, Украине, России, Казахстане, Киргизии, Туркменистане, Конго, Анголе, Марокко, ЮАР, Австралии. В России добыча урана велась в десятках мест, включая Северный Кавказ, Калмыкию, Оренбургскую и Курганскую области, наиболее масштабно — в Забайкалье.</p> <p>В результате биоаккумуляции содержание радионуклидов в организме животных и растений, обитающих вокруг предприятий по добыче и обогащению урана, может возрасти в тысячи раз сравнительно с содержанием радионуклидов в воде и почвах. Неслучайно вокруг урановых месторождений у растений отмечается карликовость, слабое развитие корней, пониженная жизнестойкость растений.</p>

<p>23. «Сравнение эффектов от ядерных вооружений и ...ядерной энергетики... Ядерная энергетика: незначительное загрязнение окружающей среды — намного меньше, чем от испытаний ядерного оружия (за исключением окрестностей вокруг Чернобыля)» (с. 295–297).</p>	<p>Атомной энергетике негоже хвататься своей сравнительной «чистотой» — после прекращения массовых испытаний ядерного оружия в атмосфере в 1963 г. радиоактивное загрязнение биосферы постепенно сокращается (в результате процесса естественного распада радионуклидов), а загрязнение от атомной энергетики постоянно нарастает — ввиду ежечасного постоянного возникновения все новых объемов (в том числе долгоживущих и потому накапливающихся) радионуклидов в чреве работающих атомных реакторов.</p>
<p>24. «...люди часто беспокоятся, что облака над башнями (градирнями. — А.Я.) содержат ядовитые химикаты или даже радиоактивные вещества. Однако это совсем не так. ...Подогретая вода от теплообменников не радиоактивна, она никогда не соприкасалась с ядерным топливом...» (с. 73).</p>	<p>Во-первых, «ядовитые химикаты» могут быть одновременно и «радиоактивными веществами».</p> <p>Во-вторых, хотя «подогретая вода» второго контура действительно не соприкасается с ядерным топливом, такие радионуклиды, как тритий (водород-3) и радиоуглерод (углерод-14) через течи первого контура (и даже прямо через стенки трубопроводов), а также из хранилищ жидких РАО, попадают в окружающую среду. В результате грунтовые воды и атмосфера вокруг всех АЭС и других предприятий ЯТЦ загрязнены тритием и радиоуглеродом. Тритий легко связывается протоплазмой живых клеток и тысячекратно накапливается в пищевых цепочках. В живых организмах атомы трития замещают в молекулах ткани атомы водорода. Радиоактивный распад трития приводит к нарушению молекулярных структур и межмолекулярных связей под действием гамма-излучения, а так-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>же в результате превращения трития в изотоп гелия. Особенно опасно, если тритий в виде тритиевого тимидина попадает в состав ДНК, а также в ткани эмбриона и плода (результат — раки, выкидыши, пороки развития и другие генетические нарушения).</p> <p>Радиоуглерод (тоже мутаген, как и тритий) обнаружен в заметно больших количествах в растениях с подветренной стороны от АЭС — безошибочное указание на то, что он поступает от АЭС.</p> <p><i>«Подогретая вода»</i> на АЭС — это огромное дополнительное тепловое загрязнение среды. АЭС являются одними из самых мощных техногенных источников теплового загрязнения атмосферы и гидросферы. Воздействие тепла от АЭС сопоставимо по энергии (1000–10 000 Вт/м²) с потоками тепла, поступающим в район АЭС от солнца, от лесных и нефтепромысловых пожаров и извержениями вулканов. Величина тепловых сбросов в гидросферу от атомных электростанций примерно в полтора раза выше, чем от огневых (уголь, мазут, газ) той же мощности. Из АЭС в водоем поступает огромное количество воды, подогретой до 8–120 °С сравнительно с забранной из водоема водой. Подогрев водоема-охладителя, вместе с образующимся в градирнях водяным паром (на АЭС с реакторами типа ВВЭР-1000 — около 65 м³/мин), приводит к образованию дополнительной облачности, увеличению числа гроз.</p>

	<p>Тепловое загрязнение морских вод от АЭС, стоящих на берегу моря (их также в мире немало), прослеживается на многие десятки километров вокруг.</p> <p>Нагревание озер и рек, используемых для охлаждения АЭС, приводит к изменению состава видов, обитающих в этих водоёмах, а также к нарушениям развития особей. Например, в озере Удомля (водоеме-охладителе Калининской АЭС) встречается рыба без чешуи, в водоемах около АЭС уровень асимметрии (несходство левой и правой частей тела) у обитающих там рыб достоверно увеличен.</p> <p>С забираемой для охлаждения водой погибает немало число водных обитателей. В среднем в год на первой очереди (два реактора) Ленинградской АЭС погибало более миллиона рыб ежедневно. На АЭС «Сан Онофре» (Калифорния, США) были случаи гибели по 20–25 млн мелких стайных рыб ежедневно [8].</p>
<p>25. »...при любой ядерной аварии, даже самой серьезной из всех мыслимых гражданских или военных, риск облучения радиацией или загрязнения на расстоянии далее 20–30 километров от места события очень невелик» (с. 213).</p>	<p>Неправда, что загрязнение от аварий не распространяется «далее 20–30 км».</p> <p>Даже в учебных пособиях по атомной энергетике говорится об инструментально учитываемом распространении осколочных радионуклидов от штатных выбросов на порядка 50 км от любой АЭС.</p> <p>Радиоактивное загрязнение от Чернобыльской катастрофы распространилось на все Северное полушарие. Оно вызвало немало негативных последствий для человека и природы за тысячи километров (в том числе, например, сдвиг соотношения полов среди новорожденных в Евро-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>пе, не говоря уже об увеличении младенческой смертности, частоты синдрома Дауна и т.п. в разных странах). Масштабы радиоактивного загрязнения от аварии на АЭС «Фукусима» также глобальны — фукусимские радионуклиды распространились через Тихий океан, загрязнили США и с запада долетели до Европы, они привели к дополнительному (пусть незначительному) облучению населения многих стран. Первоначальные успокоительные официальные заявления о незначительности выбросов АЭС «Фукусима Даничи» оказались лживыми — радиоактивные осадки накрыли практически всю Японию, опасные концентрации радиоактивного цезия встречаются в сотнях километрах от Фукусимы.</p> <p>На тысячи километров распространяются радиоактивные загрязнения практически от всех ядерных центров в США, СССР/России, Великобритании и Франции. Например, радиоактивные сбросы французского завода по производству и переработке атомного топлива на мысе Ля-Аг в Нормандии, вместе с выбросами от британского ядерного центра в Селлафилде, обнаруживаются в водах Норвежского и Баренцева морей.</p>
<p><i>26. «Число жертв радиации до настоящего времени: ядерные вооружения: свыше ста тысяч человек (в городах Хиросима и Нагасаки); радиационная медицина: сотни человек...; ядерная энергетика: менее 60 смертных случаев, о которых официально сообщалось»</i></p>	<p>Приводимые Б. Комби цифры на несколько порядков ниже реальных. Еще в 1957 г. выдающийся физик академик А.Д. Сахаров [9] подсчитал, что каждая мегатонна атомного взрыва в атмосфере приводит в череду поколений к смерти от возникших в ходе атомных реакций радиоактивных уг-</p>

(с. 296).

лерода, цезия и стронция около 10 тыс. человек. Если учесть, что мощность проведенных в XX в. атомных взрывов в атмосфере составила не менее 438 мегатонн [10], от них погибло/погибнет около 4,5 млн человек. Позднее было обнаружено много более значимое влияние антропогенной радиации на человека. Известный канадский радиобиолог и эпидемиолог Р. Бертелл пересчитала принятые Научным комитетом по действию радиации ООН (НКДАР ООН) — и официально принимаемые во всем мире — риски заболеваний* от воздействия радиации на общее количество радионуклидов, попавших в результате деятельности человека в биосферу в XX в. [12].

Этот пересчет дал следующие величины общего числа жертв «атомного века» (столько человек пострадало и пострадает, пока выброшенные радионуклиды будут существовать):

— от радионуклидов, выброшенных в атмосферу в ходе испытания и применения атомного оружия, погибнет и пострадает 1150 млн человек (в том числе 357 млн раков, из которых 240 млн стремительных, 235 млн генетических дефектов и 558 млн случаев врожденных пороков развития);

* По данным НКДАР ООН (многие эксперты считают эти данные многократно заниженными), на каждые 100 человеко-зим вертов дополнительного к естественному фону облучения 1 млн человек возникает 16 дополнительных случаев рака (из них 11 — смертельных), 10 врожденных генетических дефектов и два крупных врожденных порока развития).

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>— от других радионуклидов, выброшенных военной атомной индустрией, — 3 млн человек;</p> <p>— от штатной (без аварий) работы всех АЭС мира на протяжении первоначально планировавшегося срока их эксплуатации (около 40 лет) — 21 млн человек;</p> <p>— от происшедших до 1998 г. аварий на АЭС — 15 млн человек;</p> <p>— от медицинского облучения млн человек.</p> <p>В это число не вошли такие известные эффекты дополнительного облучения (но не учитываемые НКДР ООН при расчетах радиационного риска), как спонтанные аборты (выкидыши) и мертворождения, поражение центральной нервной системы, глаз (радиационная катаракта) и многие другие. Подобные тем, что сделала Р. Бертелл, расчеты делались и известным американским физиком и медиком Дж. Гофманом. Только от канцерогенных последствий дополнительного Чернобыльского облучения Дж. Гофман прогнозирует появление около 500 тыс. не смертельных и столько же смертельных случаев раков [13].</p> <p>Последние расчеты дополнительной чернобыльской смертности [11] дают величину около одного миллиона человек.</p> <p>Еще в 80-е годы в США по заказу правительства были выполнены расчеты числа жертв от возможных аварий на АЭС. Вот один из результатов: только за первый год, только для 30-км зоны при гипотетической аварии на одном блоке</p>

	<p>АЭС «Салем» число случаев смертельных и не смертельных раковых заболеваний может достигнуть 400 тыс.</p> <p>Р. Бертелл заканчивает статью «Жертвы Атомного века» в журнале The Ecologist (1999) словами: <i>«...отрасль, которая имеет возможность убивать, калечить и заражать такое количество ни в чем не повинных людей — и все это во имя «общественного благополучия», — абсолютно неприемлема»</i> [12].</p>
<p>27. «Свойства радиации, источником которой являются атомные электростанции, точно такие же, как и тех излучений, что присутствуют повсюду в природе... Увеличение таких излучений из-за атомной промышленности минимально» (с. 94).</p>	<p>Утверждая, что радиация от АЭС «точно такая же», как природная, Б. Комби сознательно лукавит. Подавляющая часть из нескольких сотен образующихся при расщеплении ядер урана в атомных реакторах радионуклидов — чужды современной природе — их уже миллионы лет не было в значимых количествах на планете. Это касается не только изотопов существующих элементов, но и новых элементов трансуранового ряда (нептуния, плутония, америция, кюрия, берклия, калифорния, эйнштейния, фермия). Атомная индустрия повернула физическую историю Земли вспять — вместо сокращения уровня радиоактивности началось увеличение этого уровня. И дело не только в увеличении содержания радионуклидов в биосфере, но и в специфическом влиянии таких чуждых биосфере веществ, которое никак нельзя назвать «минимальным».</p>

Атомная энергетика только при взгляде издали оказывается экологически «чистой». Такое весьма широко распространенное заблуждение, скорее всего, основывается на том, что радиация невидима, не пахнет и не осязается, а также то, что последствия дополнительного облучения, связанного с атомной индустрией, проявляются не сразу, а спустя некоторое

время. Экологическая чистота атомной энергетики — очень опасное заблуждение, от которого надо поскорее избавляться — в интересах благополучия живой природы и менее опасного будущего для человечества.

Источники

1. *Вернадский В. И.* 1922. Очерки и речи: Сб. ст., Ч. 1, 2. Петроград, 158 с.
 2. СанПиН 2.6.1.24–03. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций СП АС-03//<http://www.ecobest.ru/snip/folder-sanpin/list-sanpin2-6-1-24-03.html>.
 3. *Яблоков А.В.* 2001. Миф об экологической чистоте атомной энергетики. М., ЦЭПР, Рис. 9. С. 64.
 4. *Петин В.Г., Рябченко Н.И., Суринов Б.П.* 1997. Концепция синергизма в радиобиологии. Радиационная биология. Радиоэкология. т. 37. Вып. 4. С. 482–487.
 5. *Грейб Р.* 1994. Эффект Петко: влияние малых доз радиации на людей, животных и деревья. Пер. с англ. М.: Междунар. движение «Невада — Семипалатинск», 263 с.
 6. *Hesse-Honnegger C., Wallimann P.* 2008. Malformation of the true bugs (Heteroptera): a phenotype field study on the possible influence of artificial low-level radioactivity. Chem.Biodivers. Vol. 5. № 4. P. 499–539.
 7. *Hawthorne M.* 2011. Millions of Great Lakes fish killed in power plant in-takes. Chicago Tribune. 2011.21.07.//www.chicagotribune.com/news/nationworld/la-na-great-lakes-fish-kills-20110722,0,1444182.story.
 8. Fish kill is nuclear plant's worst since February 04//http://www.signon-sandiego.com/uniontrib/20050826/news_2m26fish.html.
 9. *Сахаров А.Д.* 2006. Воспоминания. 3 Т. М.: Время, 387 с.
 10. *Ярошинская А.А.* 1996. Ядерная энциклопедия. М., Благотворительный фонд Ярошинской, 656 с.
 11. *Яблоков А. В., Нестеренко В. Б., Нестеренко А.В., Преображенская Н.Е.* 2011. Чернобыль: последствия катастрофы для человека и природы. Киев: Универсаріум, 590 с.
 12. *Bertell R.* 1999. Victims of the Nuclear Age//The Ecologist. November. P 408–411.
 13. *Гофман Дж.* 1994. Чернобыльская авария: радиационные последствия для настоящего и будущих поколений. Минск: Высшая школа, 576 с.
-

Глава 9. АЭС безопаснее тепловых электростанций и химических предприятий

Одним из распространенных аргументов в спорах между сторонниками и противниками атомной энергетики служит тезис: «АЭС более экологически чистые, чем тепловые электростанции, и катастрофы на них приводят к меньшему числу жертв, чем в других отраслях промышленности». Рассмотрим более подробно эти аргументы.

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>1. <i>«...возможные последствия в атомной промышленности намного менее серьезны по сравнению с нефтяной или химической промышленностью»</i> (с. 47).</p>	<p>Это не так — последствия атомных катастроф несравненно масштабнее, чем катастрофы в нефтяной и химической промышленности. Самые страшные катастрофы в химической промышленности (например, Севезо в Италии, Бхопал в Индии, уфимская хлорная катастрофа в России) привели к гибели сотен и первых тысяч и заболеваниям десятков тысяч человек. Дополнительная смертность на сильно радиоактивно загрязненных после Чернобыльской катастрофы территориях Беларуси, Украины и России составила за первые 15 лет около 212 тыс. человек [1], а пострадали многие миллионы [2]. Последствия химического загрязнения сказываются на протяжении годов и десятилетий, радиационного — десятилетий и столетий. Исходя из уровня загрязнения территории, такого же порядка будет и дополнительная смертность после катастрофы на японской АЭС «Фукусима Дайичи» в 2011 г.</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>2. <i>«...очень незначительное количество радиоактивности от атомных станций пренебрежимо мало в сравнении с миллионами тонн ядовитых химических отходов и миллиардами кубических метров отравляющих газов, выбрасываемых работающими на мазуте, газе и угле электростанциями при производстве того же количества электроэнергии»</i> (с. 82, 83).</p> <p>3. <i>«АЭС в процессе работы фактически ничего не выбрасывает во внешнюю среду, в отличие от химических производств или тепловых электростанций, которые выбрасывают огромные количества ядовитых веществ»</i> (с. 89).</p>	<p>То, что тепловые электростанции сжигающие уголь и мазут, выбрасывают огромное количество загрязняющих веществ, несомненно, очень плохо, это положение надо менять. Но то, что тепловые электростанции экологически грязные, не значит, что атомные — экологически чистые. Сравнение радиоактивных выбросов с химическими по объему — некорректно. Правильно было бы сравнивать их по опасности для живого. Атомная отрасль — единственная, которая в результате своей деятельности создает заново формы простых химических веществ — как новые химические элементы (плутоний, америций и др.), так и радиоизотопы существующих химических элементов), в том числе и таких, которые отсутствовали в биосфере на протяжении миллионов лет и которые поэтому чужды современным живым организмам.</p> <p>Например, в реакторах АЭС ежедневно нарабатывается столько плутония, сколько достаточно для смертельного отравления всего населения планеты. Способов надежной изоляции плутония и других долгоживущих радионуклидов на длительное время — неизвестно (см. гл. 2). Планы атомщиков — построить в будущем множество реакторов на быстрых нейтронах, которые могли бы утилизировать плутоний, — только планы, осуществление которых ничем не гарантировано (см. гл. 13).</p>

Сравнение отраслей промышленности, которое делает Б. Комби (по кубометрам и тоннам выбросов), малоинтересно с точки зрения обеспечения безопасности жизнедеятельности: надо сравнивать отрасли по опасности выбросов (по рискам) по охватываемым такими выбросами территориям, по числу возможных жертв. По всем этим показателям атомная энергетика опаснее не только любого другого способа производства электричества, но и любой другой отрасли промышленности вообще.

Атомная индустрия изменила и продолжает изменять биосферу в планетарном масштабе, повернув вспять геохимические процессы развития Земли как планеты. Начиная с момента образования нашей планеты, уровень радиоактивности на ней постоянно уменьшался. Теперь в результате расщепления урана в атомных реакторах этот уровень стал расти — впервые за сотни миллионов лет. Теоретически возможно постепенное приспособление (адаптация) человека к такому повышению радиационного фона и к присутствию новых форм химических элементов. Об этом говорят эксперименты, в которых наблюдалось увеличение устойчивости популяций некоторых видов живых существ к малым дозам радиации. Для возникновения такого приспособления требуется отбор на пониженную радиочувствительность на протяжении пары десятков поколений.

Но у человечества нет достаточного времени (десятков поколений) для то-

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>го, чтобы успеть адаптироваться к повышению уровня радиации, вызываемого атомной индустрией. Уже поэтому развитие атомной индустрии реально угрожает нормальному существованию человечества.</p>
<p>4. <i>«...чем на химическом предприятии, риск имеет различный характер, но не обязательно он больше в ядерной промышленности. ...Приблизительно 3000 человек, как официально сообщалось, погибли непосредственно при аварии на химическом предприятии в Бхопале, а это в 100 раз больше, чем 31 погибший непосредственно при Чернобыльской аварии»</i> (с. 89).</p>	<p>Бхопал в Индии, Севезо в Италии — страшные индустриальные катастрофы, унесшие тысячи жизней. Но по масштабам воздействия никакие катастрофы в химической или другой промышленности несопоставимы с масштабами влияния радиационных катастроф.</p> <p>Чернобыльское облако дважды обогнуло земной шар, привнося дополнительную радиацию в жизнь сотен миллионов человек. Радионуклиды из Фукусимы достигли Северной Америки и Европы. Нижнего порога в действии радиации нет — любые сколь угодно малые уровни облучения опасно сказываются на живых организмах и человеке.</p> <p>То, что последствия радиационных катастроф обычно «размазаны» по огромной территории и захватывают много стран, затрудняет точный учет числа жертв.</p> <p>Но по количеству выброшенных радионуклидов и по плотности радиоактивного загрязнения территории можно рассчитать, что число жертв таких радиационных катастроф может исчисляться не тысячами, а сотнями тысяч (или, как в случае Чернобыля, миллионом).</p>

	<p>Изменения генетических структур — хромосом, ДНК) сохраняются в любой популяции после даже небольшого дополнительного радиоактивного облучения на протяжении нескольких поколений. Деятельность атомной индустрии ведет к накоплению опасного «генетического груза» в популяциях человека и других живых организмов. Рано или поздно этот генетический груз проявится в увеличении частоты встречаемости разных заболеваний (онкологических, врожденных пороков развития и многих других).</p>
<p>5. «Соотношение ядерных и промышленных отходов в год на человека: 2500 кг — промышленные и с/х отходы (из них 10 % токсичны, стабильны и навсегда могут оставаться токсичными); ядерные отходы до регенерации: 1 кг (0,04 %), высокоактивных только 100 г (10 %), из них долгоживущих только 20 г (менее чем 001 % от всех отходов)» (с. 144).</p>	<p>Непродуктивно сравнивать отходы по весу. На бумаге (которая выдерживает все написанное) можно, конечно, сравнивать солому и свиной навоз (с/х отходы) с плутонием и радиоактивным йодом, но в реальной жизни одна (!) молекула плутония, попавшая в легкие, способна вызвать смертельный рак. Микроскопические количества радиоактивного йода могут в течение нескольких часов тысячекратно концентрироваться в щитовидной железе детей и приводить впоследствии к нарушениям эндокринной регуляции в организме и возникновению рака щитовидной железы.</p> <p>Кроме того, под «ядерными отходами» Б. Комби, очевидно (раз упоминает о «регенерации»), имеет в виду только отработавшее ядерное топливо, а не весь объем радиоактивных отходов, производимых атомной индустрией. Ведь кроме ОЯТ полный ядерно-топливный цикл включает</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>колоссальные объемы отходов при добыче, переработке и обогащении урана, газоаэрозольные радиоактивные отходы при работе АЭС, многие тысячи тонн радиоактивных отходов, в которые превращается сама АЭС при ее разборке после завершения срока работы. Весь этот объем РАО точно не подсчитан, но может оказаться не меньше, а больше, чем удельный объем отходов в других отраслях хозяйства.</p>
<p>6. «Работающая на мазуте электростанция потребляет миллионы тонн топлива в год, а количество урана, потребляемого ядерным реактором за то же время — всего лишь несколько тонн» (с. 145).</p>	<p>Сравнение количества мазута, необходимого для работы тепловой электростанции, с количеством урана, необходимого для загрузки в реактор АЭС, некорректно: для того чтобы обеспечить ядерный реактор топливом, надо ежегодно перерабатывать миллионы тонн горных пород, высвобождая при этом немало природных радионуклидов и сжигая миллионы тонн ископаемого топлива для обеспечения работы машин и механизмов в процессе переработки горной руды и производства топлива для АЭС.</p> <p>Вот некоторые цифры: чтобы добыть одну тонну природного урана, надо переработать в среднем пять тыс. тонн урановой руды. Для приготовления одной тонны атомного топлива с концентрацией урана-235 около 5 % надо переработать около семи тонн природного урана. То есть для одной тонны атомного топлива необходимо получить около 35 тыс. т ура-</p>

	<p>новой руды. В ходе первичной переработки урановой руды на каждую тонну урана образуется сотни тонн слаборадиоактивных отходов — отходов рудных пород, рудничных и сточных вод. На десятки километров вокруг урановых рудников поверхность земли загрязнена ураном, торием, радием-226, радоном-222, полонием-210, свинцом-210 и другими природными радионуклидами, до того мирно «спящими» в горных породах. Одна загрузка топлива в средний по размерам реактор АЭС составляет около 30 т. Получается, что для одной загрузки одного реактора надо использовать более одного млн т урановой руды, а для 440 атомных реакторов в мире каждые три года (средний срок нахождения топлива в реакторе) надо перерабатывать 440 млн т урановой руды. Геологические изменения биосферы при этом, несомненно, много больше геологических нарушений при добыче нефти, из которой получается мазут — топливо для электростанций.</p>
--	--

Атомные электростанции только издаleка выглядят безобидными и более чистыми, чем угольные и мазутные. Конечно, угольные станции производят по объему много больше отходов, чем атомные. Но по влиянию АЭС и всего ядерно-топливного цикла на биосферу атомная генерация электричества опаснее любой другой.

Источники

1. *Худолей В.В., Блоков И.П., Садовничик Т., Бисаро С.* 2006. Попытка оценки последствий Чернобыльской катастрофы для населения, проживающего на радиационно-загрязненных территориях России// *Блоков И.П.* (ред.). Последствия чернобыльской аварии: Оценка и прогноз дополнительной смертности и раковых заболеваний». М.: Центр независимой экологической экспертизы РАН, ОМННО «Совет Гринпис», сс. 3–19.

2. *Яблоков А.В., Нестеренко В.Б., Нестеренко А.В., Преображенская Н.Е.* 2011. Чернобыль: последствия Катастрофы для человека и природы. 3-е изд., доп. и перераб. Киев: Универсарииум, 590 с.

Глава 10. Искусственная радиация мала, безвредна и даже полезна

Один из распространенных атомных мифов касается воздействия ионизирующей радиации на живые организмы, включая человека. Некоторые атомщики утверждают, что дополнительное антропогенное облучение в малых дозах не только не опасно, но даже полезно для живых существ, включая человека. И поэтому не стоит бояться тех небольших дополнительных к естественному уровней облучения, которые вносит в нашу жизнь атомная индустрия. Рассмотрим эти взгляды.

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>1. <i>«В нашей Вселенной все есть энергия. Так что нет причин опасаться ни самих понятий мощности или энергии, ни радиации или радиоактивности, которые являются одними из естественных форм проявления энергии. Нам уже удалось овладеть некоторыми, ...химическая энергия топлива... световая энергия... обычным делом является... использование тепловой энергии. Электрическая энергия производится и используется почти повсеместно. Наконец, совсем недавно мы освоили ядерную энергию»</i> (с. 130).</p> <p>2. <i>«Все эти формы энергии естественны. Человечество не создало ни одной из них, а только приручило силы, которые уже существуют в природе, и затем поставило их себе на службу»</i> (с. 131).</p>	<p>Размышления Б. Комби не вполне корректны с естественно-научной точки зрения. Можно сказать, что <i>«В нашей Вселенной все есть энергия»</i>, но энергия энергии — рознь. В тех сгустках материи, которые мы видим в виде звезд (ближайшая — Солнце), температура достигает многих миллионов градусов. При таких температурах нет ни молекул, ни атомов, а есть только плазма — «голые» ядра в электронном «газе». В плазме идут только ядерные реакции, в отличие от земных условий, где идут в основном химические реакции (взаимодействие молекул). Химические элементы бывают стабильными, неизменными во времени, и нестабильными, радиоактивными, т.е. самопроизвольно (спонтанно) распадающимся с испусканием электронов, позитронов, протонов, нейтронов, фотонов. В земной коре от времен зарождения Земли из плазмы до нашего времени оставались только четыре нестабильных элемента: калий-40 (период полного распа-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>да — 12,8 млрд лет), уран-238 (45 млрд лет), торий-232 (140 млрд лет) и рубидий-87 (610 млрд лет), а также продукты их собственного распада (радий, радон и др.). Под воздействием космического излучения на планете постоянно возникают еще четыре радиоактивных элемента: водород-3 (тритий, период полного распада — 123 года), бериллий-7 (около 1,5 года), углерод-14 (57 тыс. лет) и натрий-22 (26 лет).</p> <p>Возникающие в ходе распада элементов частицы, пронизывая живое вещество, возбуждают его атомы и молекулы, с образованием положительных и отрицательных ионов (процесс ионизации). Энергия альфа-, бета- и гамма-излучения в миллионы раз больше энергии солнечного излучения (в этом ее опасность для живого). Ионизирующее излучение разрушает органические молекулы, нарушают течение биохимических процессов в живом организме, и в том числе разрушает структуру молекул ДНК — генетических управляющих систем. Влияние ионизирующего излучения на ДНК соматических клеток (из них состоят все органы и ткани) может вести к их перепрограммированию с нормального на злокачественный рост и другим нарушениям, ведущим к возникновению разных заболеваний. Влияние ионизирующего излучения на ДНК генеративных клеток (мужских — сперматозоидов и женских — яйцеклеток) ведет к возникновению наследственных заболеваний и патологий в чреде поколений.</p>

Установившийся на поверхности планеты естественный уровень облучения (от радиоизотопов, сохранившихся в земной коре, и от поступающего постоянно космического излучения) очень важен: он определяет существование спонтанного мутационного процесса (мутации возникают при этом с частотой 1 на 10 000–40 000 гамет в каждом гене в каждом поколении). Эти мутации являются исходным материалом для процесса естественного отбора, в результате которого происходит процесс органической эволюции.

Сразу после образования Земли уровень облучения на поверхности планеты был на порядки выше современного. В результате жизнедеятельности самых примитивных, устойчивых к высоким уровням радиации микроорганизмов возникла первичная атмосфера, защитившая поверхность Земли от смертоносного космического излучения. За первые 3–4 млрд лет эволюции Земли большинство радиоактивных атомов превратились в стабильные. Снижение уровня радиоактивности стало важным условием развития растений и животных. По-видимому, несколько десятков миллионов лет назад уровень облучения на поверхности Земли приблизился к современному.

Радиоактивная ситуация на Земле принципиально изменилась в середине XX в.: в результате «освоения» атомной энергией (искусственного расщепления атомного ядра) снижение уровня облучения на поверхности Земли (происходившее на протяжении миллиар-

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>дов лет) сменилось его повышением. Сегодня из более чем двух тысяч радиоактивных (нестабильных) изотопов, существующих на Земле, подавляющее большинство возникло за последние 65 лет в результате инициированных человеком атомных реакций. Этих изотопов сотни миллионов лет не было в заметном количестве на Земле. Это значит, что эти радионуклиды чужды живому и вряд ли будет правильным считать их <i>«естественными»</i> (как пишет Б. Комби).</p> <p>Опасность для живой природы, связанная и с общим повышением уровня антропогенной ионизирующей радиации, и с расширением спектра радионуклидов в биосфере, усугубляется тем, что все это идет параллельно с расширяющимся химическим загрязнением биосферы.</p>
<p>3. «Выбрасываемая радиоактивность (атомными станциями. — А.Я.) очень невелика по сравнению с природной, определяемой эмиссией радона за это же время и в этом же месте» (с. 82).</p>	<p>Из того, что высокие уровни природной ионизирующей радиации, вызываемой радоном-222, несомненно, опасны (и от них надо защищаться), никак не следует безопасность выбросов АЭС. Только несовершенство современных знаний заставляет нас пока рассматривать уровень облучения «чихом» — совокупно для всех радионуклидов (в лучшем случае выделяя гамма-, бета— и альфа-излучения). Это похоже на сравнение металлов только по их удельному весу: вроде бы и правильно, но далеко не достаточно.</p> <p>С радоном «под боком» человечество существует с самого начала, радон</p>

	<p>живым существам (и нам) не чужд. Уже поэтому простое сравнение уровней облучения от радона и антропогенных радионуклидов (цезия, стронция, плутония, америция, йода и др.) не вполне корректно — не отражает их истинного влияния.</p>
<p>4. <i>«Две трети излучения, которому мы подвергаемся, имеет естественное происхождение... космические лучи, ...радиоактивность земли..., само наше тело, ...радиоактивность радона...»</i> (с. 64).</p>	<p>Сначала о сомнительности главного логического построения: если уровень чего-то очень мал, то не стоит беспокоиться.</p> <p>Некорректность такой логики показывает простой опыт. Нальем в стакан воды до краев. Прибавка одной капли вызывает переливание воды через край. Нальем до краев воды в бочку. И тут добавление одной капли вызовет переливание воды через край. В первом случае для возникновения перелива к 200 мл воды в стакане было добавлено 0,005 %, во втором случае к 100-литровой бочке — всего 0,00002 %. Таких примеров непропорционально большого влияния (триггерный эффект) немало вокруг нас. В ходе Второй мировой войны 1941–1945 гг. энергетическая мощность боеприпасов для стрелкового оружия составила доли процента от общей мощности всей взрывчатки (в бомбах, минах, снарядах и т.п.). Однако потери от стрелкового оружия были больше, чем от бомб и снарядов. Сходным образом негативное влияние техногенных радионуклидов может быть опаснее естественных, несмотря на их многократно меньшее суммарное значение.</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>5. <i>«Уровни радиации от атомных реакторов ничтожны по сравнению с уровнями естественной радиации в некоторых местах нашей планеты (сама радиация в пределах природных значений безвредна)»</i> (с. 82).</p>	<p>В популяциях всех изученных в этом отношении млекопитающих всегда есть особи как менее, так и более радиочувствительные. Хотя природа этой изменчивости пока не вполне ясна, факт ее наличия доказан прямыми наблюдениями на мелких грызунах и собаках и косвенными — для человека [1]. Присутствие такой внутривидовой изменчивости означает, что по признаку радиочувствительности может, при определенных условиях, происходить естественный отбор: лучше выживать и давать потомство в условиях повышенной радиации будут особи менее радиочувствительные. Многолетний эксперимент с мышевидными грызунами (полевыми) показал, что за 20–25 поколений при постоянном отборе на пониженную радиочувствительность происходит небольшое, но статистически заметное снижение уровня радиочувствительности всей группы, т. е. возникает приспособленность к более высокому уровню ионизирующего облучения [2]. Этот эксперимент важен для понимания, как могут люди жить в местах с повышенным естественным радиационным фоном (выходы на поверхность высокорadioактивных горных пород, высокогорья с повышенным уровнем космической радиации). При длительном (на протяжении многих поколений) проживании замкнутой (но достаточно многочисленной, чтобы не выродиться из-за близкородственного скрещивания) группы людей в местах с высоким уровнем естественной радиа-</p>

	<p>ции, должен был произойти отбор — более радиочувствительные гибли раньше и давали меньше потомков. Такое должно было произойти в условиях повышенного естественного фона облучения в Карпатах, в Германии, Франции, Бразилии, Китае и других местах. Если в места с повышенным уровнем естественной радиации попадают люди со средним (или тем более высоким) уровнем радиочувствительности, ничего хорошего для их здоровья от этого не получается.</p> <p>Ну и наконец, о некорректности усреднения уровня облучения. Это только в среднем уровень антропогенной радиации меньше природного. Но важна ведь не средняя температура по больнице, а температура каждого пациента. В окрестностях аварийных АЭС «Фукусима Дайичи» или Чернобыльской уровень антропогенной радиации может быть много выше уровня естественной радиации. Да и чем, как не повышенным уровнем облучения от АЭС, объяснить повышенный уровень заболеваемости вокруг любой из АЭС США по направлению господствующих ветров (см. рис. 11 и табл. 15 в приложении).</p>
<p>6. «Если бы радиация в дозах, которые мы обычно получаем, была опасна для нашего здоровья... они (противники атомной энергетики. — А.Я.) должны... рассмотреть вопрос об эвакуации планеты (поскольку ее почвы радиоактивны) и отказаться спать рядом с другим человеком, потому что и</p>	<p>У противников атомной энергетики совесть чистая, они делают все то, что перечисляет Б. Комби, и много больше. Говоря о том, что противники атомной энергетики «должны воспротивиться военным ядерным испытаниям», Б. Комби, видимо, забыл, что ядерные испытания в атмосфере были прекращены в 1963 г. США, СССР и</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p><i>человеческое тело от природы радиоактивно. Затем они должны были бы эвакуировать людей из многих районов... где земля радиоактивна с доисторических времен..., должны избегать летать на самолетах, им не следует проводить свой отпуск в горах, ...они должны выступить и против медицинской радиологии, но перед этим им следовало бы воспротивиться военным ядерным испытаниям. И вот тогда уже можно с чистой совестью объявить себя противником гражданской атомной промышленности... чья доля в общей радиоактивности окружающей среды... почти незаметна» (с. 66).</i></p>	<p>Великобританией не сами по себе, а после массовых протестов, организованных экологами и врачами (его родная Франция, к сожалению, уже после заключения договора о прекращении ядерных испытаний в атмосфере, в 1966–1974 гг. взорвала — несмотря на протесты экологов всего мира — 44 атомных боезаряда, которые дополнительно выбросили в атмосферу радионуклидов, наверное, в два — три раза больше всего Чернобыльского выброса).</p> <p>Непонятен сарказм Б. Комби и в отношении радиационной опасности полетов и высокогорных восхождений. И там, и там люди добровольно подвергают риску повышенного облучения на протяжении нескольких часов. Этот риск, во-первых, добровольный, а во-вторых, несравним с риском хронического, постоянного облучения от АЭС.</p> <p>Не убеждает в безопасности дополнительной радиоактивности и сравнение доли радиоактивности от АЭС со значительно большим вкладом в коллективную дозу медицинского облучения. Общеизвестно, что радиационная нагрузка от медицинских процедур подлежит резкому сокращению (сейчас она составляет около 0,5 мЗв/год в Западной Европе и 1,7 мЗв/год в России). С 1996 г. в Европейском Союзе существует запрет рентгенодиагностики для беременных и кормящих (диагностическое облучение может вызвать уродства у детей). Даже очень лояльный к атомной индустрии Научный комитет</p>

по действию атомной радиации ООН (НКДР ООН) считает определенно опасным более чем одно рентгенологическое обследование в год.

Отдельно — о методологии определения доз облучения. Эти дозы в подавляющем большинстве случаев определяются не инструментально, а рассчитываются, исходя из весьма ненадежных допущений массы тела «среднего» человека и среднего времени пребывания в помещении и на открытом воздухе (для определения уровней внешнего облучения), среднего потребления мяса, овощей, молока, воды, воздуха (для определения уровней внутреннего облучения). Поэтому все таким усредненно-расчетным образом определяемые дозы облучения не приложимы к конкретному человеку — только к некоторой виртуальной общности людей или к «среднему» человеку (фантому). Несмотря на такую неточность определения доз облучения, атомщики требуют наличия корреляции между дозами и специфической заболеваемостью для того, чтобы признать влияние радиации на здоровье. Естественно, что корреляцию между неточно определяемыми дозами облучения и много более точно определяемой заболеваемостью населения обнаружить трудно. Такое дремучее состояние радиационной дозиметрии выгодно атомной индустрии, поскольку вуалирует радиационную опасность для отдельного человека. Выходом для более объективного определения эффекта облучения является сравнение показателей

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>здоровья населения на территориях с разным уровнем ионизирующей радиации (этот уровень объективно определяется инструментально по числу распадов в единицу времени в данном месте, например, на высоте метра над поверхностью почвы для гамма-излучения).</p>
<p>7. «Допустимая доза радиации составляет порядка одной тысячной от высокоопасной для здоровья дозы. В то время как, например, допустимая доза для химического загрязнения воздуха двуокисью серы составляет порядка одной десятой от высокоопасной для этого вещества дозы для этого вещества... Стандарты для защиты здоровья для ядерной радиации в 10 и 100 раз более строгие, чем для SO₂» (с. 60).</p>	<p>Сначала надо напомнить, что прилагательное «допустимая» не означает, что эта доза безопасна, а только то, что опасность этой дозы приемлема (приемлемым уровнем традиционно считается одна дополнительная смерть от какого либо воздействия на 1 млн человек в год, т. е. риск 10⁻⁷).</p> <p>Теперь о сравнении существующих норм радиационной и химической безопасности. Б. Комби, на мой взгляд, ошибочно считает положительным для атомной индустрии то, что нормы радиационной безопасности в 100 раз строже, чем нормы химической безопасности (по соотношению неприемлемо и приемлемо опасных уровней экспозиции). Эта разница наглядно свидетельствует, что радиационная опасность стократно серьезнее, чем опасность от загрязнения двуокисью серы. Впрочем, в химии есть супертоксиканты, уровни неприемлемой и приемлемой опасности которых различаются много больше, чем для двуокиси серы. Принятые нормы радиационной безопасности (НРБ), по мнению многих специалистов, недостаточно жесткие и больше защищают атомную</p>

	<p>индустрию, чем население. По некоторым расчетам [3], официальные НРБ — чтобы обеспечить приемлемый уровень радиационного риска (10^{-7}) — должны быть ужесточены, по крайней мере, в 100 раз.</p>
<p>8. <i>«В некоторых частях мира природная радиоактивность чрезвычайно высока, она может больше чем в 100 раз превышать средние показатели. Однако живущие там люди не страдают от болезней, которые определенно были бы связаны с радиацией»</i> (с. 240).</p> <p>9. <i>«...люди, живущие в этих местах (Керала, Гуарапари, Иран. — А.Я.) болеют раком или другими связанными с радиацией болезнями не чаще, чем во всех других местах»</i> (с. 265).</p> <p>10. <i>«...в некоторых наиболее радиоактивных местах планеты, таких, как Гуарапари в Бразилии, где население от этого ничуть не страдает»</i> (с. 278).</p> <p>11. <i>«...в некоторых наиболее радиоактивных районах мира случаются дозы излучения примерно в тысячу раз больше обычного естественного фона, и они не представляют опасности для живых существ и человека»</i> (с. 341).</p>	<p>Б. Комби ошибается, когда пишет о безвредности высоких уровней естественного облучения. Определенный низкий уровень ионизирующей радиации является важным условием возникновения изменчивости, которая, в свою очередь, является основой всего процесса эволюции живого. Однако высокие уровни естественной радиации вызывают повышение уровня мутационного процесса. В целом ряде мест Земли уровень естественной радиации выше среднего, который составляет 5–30 мкР/ч (соответствует эффективной эквивалентной дозе 0,3–0,6 мЗв/год): в Бразилии в нескольких сотнях километров от Сан-Паулу в городе Гуарапари, в Индии, на побережье штата Керала, в Иране, Нигерии, Китае, на о-ве Мадагаскар есть территории, где естественный уровень радиации также в десятки и сотни раз выше среднего. В Читинской области и ряде других мест России и СНГ есть территории с естественным радиационным фоном в десятки раз более высоким, чем в среднем по Северной Евразии.</p> <p>Исследования в местах с повышенным естественным фоном были проведены в индийском штате Керала. Оказалось, что среди людей, получавших по 4–5 мЗв/год (в 8–13 раз выше среднего по миру), заметно увеличено</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>число хромосомных нарушений, а частота встреч случаев синдрома Дауна и тяжелой умственной отсталости более чем в десять раз выше, чем в контрольной группе. В группе, подвергавшейся наибольшему облучению, отмечены самый большой уровень детской смертности и понижение репродуктивной способности у мужчин. В Китае, в округе Янцюань, при трехкратно повышенном (по сравнению со среднемировым) естественным радиационным фоном, обнаружено достоверное повышение средней частоты хромосомных мутаций [4]. Есть аналогичные данные для населения в окрестностях радоновых источников в Австрии. К сожалению, для организации дорогих систематических многолетних медико-демографических исследований на этих и других территориях с повышенным радиационным фоном пока не нашлось средств. Добавлю, что в местах выхода вод с высоким естественным содержанием радия (как в Республике Коми) заметно выше уровень мутаций у растений и млекопитающих.</p> <p>Весьма наглядно действие природной радиации обнаружено в Южной Германии. Здесь оказалось возможным сопоставить демографическую статистику с величиной природной радиоактивности в десятках мест Баварии с очень низким и средним уровнями фоновой естественной радиации. При этом было обнаружено статистически достоверное увеличение уровня смертности от злокачественных забо-</p>

	<p>леваний в районах с повышенным радиационным фоном [5] (см. рис. 12 в приложении).</p> <p>Надо заметить также, что высокая природная радиоактивность на пляжах в Гуарапари и Керале связана с ториевыми песками. Торий не такое токсичное вещество, как уран: при одинаковых уровнях ионизирующего излучения места ториевого загрязнения будут несколько менее опасными, чем уранового. Вспомним и о широко известной опасности природного облучения, связанной с радоном-222 (считается, что до 20 % всех случаев рака легких в мире обусловлены дополнительным облучением этим природным альфа-излучателем). Как после этого можно согласиться со словами Б. Комби, что природные радионуклиды <i>«не представляют опасности для живых существ и человека»?</i></p>
<p>12. «Радиоактивность, которая выброшена в окружающую среду всеми действующими на сегодня в мире атомными электростанциями, составляет около 0,000... (всего 13 нулей), ...001 от общего количества естественной радиоактивности, содержащейся в земной коре» (с. 82).</p>	<p>Сравнивать общую дополнительную радиоактивность от АЭС с радиоактивностью всей земной коры (как это делает Б. Комби) можно, но практически малоинтересно. Для населения и живой природы важно то, что вокруг любой работающей АЭС радиоактивность повышена. Важно и то, что в результате работы атомной индустрии заметно повышается концентрация некоторых радионуклидов в биосфере (например, углерода-14, криптона-85, изотопов плутония, цезия-137 и ряда др.).</p> <p>Выбрасываемые АЭС в окружающую среду радионуклиды — новые, их не было до этого на планете. Эта радиоактивность, несмотря на ее срав-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>нительную малость по сравнению с естественной, принципиально важна тем, что увеличивает общую радиоактивность Земли (впервые за все время эволюции планеты). Многие радионуклиды, по воле человека возникшие в атомных реакторах, отсутствовали ранее в сколько-нибудь заметных количествах (например, плутоний) в современной биосфере. Поэтому для нашего организма (как и организма других живых существ) они чуждые. Хотя их специфическое влияние малоизучено, но вряд ли может быть позитивным.</p>
<p>13. <i>«...природная радиация не приносит вреда, и даже существуют доказательства того, что низкие ее дозы полезны для здоровья (точно так же, как полезен умеренный загар...»</i> (с. 63).</p> <p>14. <i>«...в природе все слегка радиоактивно, и такие малые уровни радиации совершенно естественны и безвредны (они могут быть даже полезны: см. Internet radiaton hormesis в Google)»</i> (с. 116).</p>	<p>Природная радиация обеспечивает нужный для эволюции темп мутационного процесса и в этом смысле важна и полезна. Однако гипотеза радиационного гормезиса говорит о другом — о «полезном», благоприятном эффекте малых доз дополнительного ионизирующего облучения для функционирования организма (например, увеличение продолжительности жизни, интенсификация размножения, повышение иммунитета). Есть немало экспериментальных данных по стимуляции малыми дозами некоторых биологических процессов и даже, например, по обратной корреляции между уровнем радона и частотой рака легких. Надежное объяснение явления радиационного гормезиса еще предстоит найти. Поскольку нижнего порога в действии ионизирующей радиации нет, то какие-то промежуточные эффекты такого действия могут выглядеть как полез-</p>

	<p>ные (например, увеличение скорости размножения микроорганизмов). В то же время много большее число фактов говорит об опасности малых доз облучения.</p> <p>Логично использовать термин «гормезис» в его первоначальном смысле (греч. hormesis — быстрое движение) — не как «благоприятный», а как гиперфункциональный эффект (ускорение, интенсификация каких-то процессов в живых организмах) в результате низкоуровневого облучения. А полезно ли это, или вредно для популяции можно определить только через несколько поколений.</p>
<p>15. «Уровень естественной радиоактивности человеческого тела, растений, животных и большинства живых организмов составляет в среднем 100 Бк/кг, но может легко достигать или превышать 500 Бк/кг в отдельных районах без какого-либо неблагоприятного влияния на здоровье» (с. 116).</p>	<p>Утверждение Б. Комби об отсутствии «неблагоприятного влияния на здоровье» повышенных уровней естественной ионизирующей радиации просто неверно. Общеизвестным является опасное влияние повышенного уровня радона-222 — газа-«убийцы», альфа-излучателя, возникающего в ходе естественного распада по цепочке уран-238 — радий-236. В России на Кольском полуострове, в Ленинградской области, Забайкалье и многих других регионах приходится осуществлять мероприятия по защите от радона. Считается, что около 20 % всех случаев рака легкого в мире вызваны радоном и его продуктами распада. В России (вслед за другими странами, и Францией в том числе) была принята даже специальная государственная программа «Снижения уровня облучения населения России и производственного персонала от природных</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>радиоактивных источников» (ФЦП «Радон»).</p> <p>По другим природным радионуклидам до сих пор нигде глубоких многолетних исследований влияния их повышенной концентрации на здоровье населения не проводилось. Однако отсутствие данных не может служить основанием для утверждения об отсутствии эффекта — он может быть просто неизвестен. Теоретически повышенный радиационный фон неизбежно должен увеличивать число возникающих мутаций — ускорять мутационный процесс. <i>«Неблагоприятное влияние на здоровье»</i> во всех местах, с повышенным радиационным фоном, несомненно, было очень значительным, но во всех местах длительного проживания это влияние ныне уменьшено в результате отрицательного естественного отбора высокочувствительных и положительного — низкочувствительных особей. Тем не менее в ряде мест с повышенной природной радиацией в Индии, Китае, Европе неблагоприятные генетические изменения здоровья обнаружены [4].</p> <p>Добавлю, что в самом подробном из ныне известных случаев сопоставлений повышенного суммарного (от всех радионуклидов) уровня естественной радиации и состояния здоровья в Южной Германии (Баварии) обнаружена статистически достоверная положительная корреляция ([5], см. рис. 12. в приложении).</p>

16. »...теории «линейного беспорогового действия излучений», которая признана несостоятельной...» (с. 253).

Когда Б. Комби писал в 1994 г. по поводу существования нижнего порога в действии радиации (уровня облучения, после которого действие радиации не обнаруживается), тогда еще шли горячие споры по поводу существования такого порога. Уже к канадскому и китайскому изданиям этой книги Б. Комби (2006) эти споры фактически прекратились. Под напором лавины фактов, обобщенных в Седьмом докладе Национальной академии наук США «Биологический эффект ионизирующей радиации» (BEIR-VII), не только мировым научным сообществом, но и официальными регулирующими радиационную безопасность органами (МАГАТЭ и ВОЗ ООН, национальные регуляторы) принято, что любое малое дополнительное облучение группы людей приводит к какому-то негативному эффекту — риск возникновения раковых заболеваний увеличивается. При принятии решений об уровнях радиационной защиты можно пренебречь этим эффектом, но отрицать влияние даже ультранизких доз — обскурантизм. Напомню, что в нормах радиационной безопасности «допустимые» уровни означают не безопасные, а приемлемо опасные.

Писать в 2009 г., что беспороговая концепция «признана несостоятельной», мягко говоря, странно.

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>17. <i>«...что касается меньших доз (меньше 200 мЗв. — А.Я.), то нет ни одного эпидемиологического исследования, которое бы указывало на существование канцерогенных либо генетических последствий...»</i> (с. 253).</p> <p>18. <i>«...никаких последствий от слабых доз облучения не было когда-либо выявлено даже среди людей, регулярно подвергающихся действию повышенной радиации... Это относится к тем случаям, когда радиоактивность остается того же порядка, что и присутствующая в природе (менее 260 мЗв в год) или менее 200 мЗв при единовременном облучении»</i> (с. 251).</p>	<p>Б. Комби, заявляя об отсутствии влияния от единовременно полученного облучения менее 200 мЗв, сильно ошибается. Сколь угодно малые дозы ионизирующего облучения вызывают дополнительные негативные эффекты. Противоположное утверждение в наше время не может считаться научно обоснованным. Другое дело, что при малых дозах такой эффект будет стохастический: кто-то среди облученной группы людей обязательно заболеет, но кто именно — заранее определить невозможно. При более высоких дозах эффект облучения детерминированный — последствия облучения обязательно проявятся у каждого облученного. Трудно согласиться с Б. Комби и в определении значения «малых» доз, т. е. тех, при которых проявляется только стохастический эффект (ниже единовременного облучения дозой 200 мЗв, или 2,6 мЗв/год). Только один пример. Увеличение содержания цезия-137 с 5 до 11 Бк/кг веса тела ребенка значительно отражается на кардиограмме. При содержании цезия-137 50 Бк/кг в теле взрослых (25–30 Бк/кг у детей) обнаруживаются патологические изменения в организме [6]. А такие уровни содержания цезия-137 наблюдались на пораженных Чернобыльским выбросом территориях Беларуси при эффективных дозах облучения выше 1 мЗв/год.</p> <p>Представления о приемлемо опасном уровне облучения у Б. Комби сильно рас-</p> <p><i>Примечание:</i> 260 мЗв/год — явная опечатка, надо 2,6 мЗв/год (в РФ — 2,2 мЗв/год). — А.Я.</p>

	<p>ходятся с официально принятыми в мире (НКДАР, ВОЗ, МАГАТЭ и всеми национальными регуляторами) нормами радиационной безопасности. Допустимой (т. е. приемлемо опасной) официально считается эффективная доза индивидуального облучения для населения в 1 мЗв/год в среднем за любые последовательные пять лет, но не более 5 мЗв/год (для персонала в атомной промышленности — 20 мЗв/год в среднем за любые последовательные пять лет, но не более 50 мЗв/год). Анализ сотен радиологических эпидемиологических исследований приводит меня к выводу, что допустимый дополнительный к фоновому приемлемо опасный уровень антропогенного облучения должен быть много меньшим — около 0,01 мЗв/год [3].</p> <p>Вот как менялись со временем официальные представления о приемлемо опасной дозе облучения для персонала:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1925 г. — 1560 мЗв/год; 1934 г. — 300 мЗв/год; 1954 г. — 150 мЗв/год; 1958 г. — 50 мЗв/год; 1990 г. — 20 мЗв/год. <p>Получается, что за 65 лет произошло уменьшение считающейся приемлемо опасной дозы облучения в 78 раз! Нет сомнения, что эта тенденция устроения норм радиационной безопасности будет продолжаться.</p>
<p>19. «Лично я убежден, что при дозах ниже 10 мЗв/год радиация вообще не опасна, потому что мы полностью адаптированы к дозам радиации, обычно присутствующим в окружающей нас естественной среде» (с. 253).</p>	<p>Убежденность Б. Комби весьма типична для атомщиков, но научно мало обоснованна. Эксперименты на мелких млекопитающих показывали, что для адаптации к несколько повышенному уровню радиации требуется порядка 20 поколений отбора (устране-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>ния от размножения) менее чувствительных особей. Говорить о том, что какая-то популяция <i>«полностью адаптирована»</i> к существующим дозам (как и к любым другим факторам окружающей среды), некорректно с биологической точки зрения: приспособленность (адаптация) всегда относительна.</p> <p><i>«Лично убежденным»</i> можно быть и при глубоких знаниях, и при незнании предмета. Даже официальная (склонная больше к защите атомной индустрии, а не человека) официальная радиационная защита признает, что средняя доза облучения выше одного мЗв/год опасна для «среднего» человека. Может быть, Б. Комби относится к той небольшой группе людей, у которых понижена радиочувствительность? Но тогда методологически неправильно распространять свое персональное отношение к нормам радиационной безопасности на большинство людей со средней или тем более повышенной радиочувствительностью (детей, стариков, беременных, ослабленных и др.). Даже если Б. Комби, вместе со многими атомщиками, презрительно относится к официальным нормам радиационной безопасности, то как он объяснит страшные глобальные последствия для здоровья людей испытаний атомного оружия в атмосфере, в результате которых уровень внешней радиоактивности повышался как раз до первых мЗв? (См. рис. 13 в приложении). Или как он объяснит достоверное повышение смертности на рядом расположенных территориях, от-</p>

	<p>личающихся лишь уровнем радиоактивных выпадений (на несколько мЗв/год) после Чернобыльской катастрофы?</p>
<p>20. <i>«...нет никаких внешних симптомов при одновременном облучении дозой от 300 до 700 мЗв. Однако при таких дозах в течение нескольких недель может наблюдаться небольшое изменение состава крови, например, количество лимфоцитов уменьшается примерно на третьей неделе после облучения. Обычно через два месяца после облучения состав крови возвращается в норму»</i> (с. 247, 248).</p>	<p>Замечание Б. Комби <i>«нет никаких внешних симптомов при одновременном облучении дозой от 300 до 700 мЗв»</i> встает в ряд с другими похожими и, с моей точки зрения, аморальными заявлениями атомных проponentов [7]:</p> <ul style="list-style-type: none"> — один из лидеров российских атомных радиологов: <i>«Такие эффекты, как кратковременное угнетение кроветворения, легкий ожог кожи и временное снижение потенции мужчины, не слишком серьезны, поскольку сравнительно быстро проходят без последствий. Помутнение хрусталиков глаз не влияет на остроту зрения»;</i> — руководитель института, определяющего научную политику в области радиационной защиты в России: <i>«Чернобыльская авария нарушила жизнь, однако с точки зрения радиологической науки следует ожидать, что будут преобладать в целом положительные перспективы для здоровья большинства людей»;</i> — ведущий сотрудник Всемирной организации здравоохранения: <i>«...нельзя считать «радиационными поражениями» несущественные для состояния здоровья биохимические изменения...».</i> <p>По существу же такое одновременное облучение уже через пару часов приводит к возникновению хромосомных аберраций в лимфоцитах периферической крови — изменению хромосом (в том числе стабильных, которые сохраняются на протяжении</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>всей жизни и могут передаваться потомству). Где и когда проявится это генетическое нарушение — сказать невозможно, но то, что оно проявится — вероятность велика.</p>
<p>21. «Только чрезмерно сильная доза (свыше 100 миллизивертов) может быть вредна...» (с. 63).</p>	<p>Неверно, что «вредна» может быть только доза выше 100 мЗв. Всеми ведущими официальными национальными и международными организациями, имеющими отношение к последствиям облучения, начиная с 2006 г. (появления доклада BEIR-VII) признано, что действие радиации не имеет порога: любая сколь угодно малая доза облучения будет иметь какие-то биологические последствия, т. е. опасна. Речь может идти только о приемлемом или неприемлемом уровне такой опасности. Официально приемлемой для населения считается опасность от дополнительного облучения величиной 1 мЗв/год за любые последовательные пять лет (но не более 5 мЗв/год). Для персонала атомной индустрии приемлемо опасной считается доза 20 мЗв/год в среднем за любые последовательные пять лет (но не более 50 мЗв). Многие считают эти нормы недостаточно безопасными: в Германии безопасной для населения считается дополнительное облучение не более 0,3 мЗв/год, в некоторых штатах США — 0,1 мЗв/год. Независимая от атомщиков Европейская комиссия по радиационному риску (ECRR) считает минимально безопасным дополнительное облучение дозой не более 0,01 мЗв/год[3].</p>

	<p>Трагический Чернобыльский опыт показал, что заметное ухудшение здоровья уже через несколько лет проявилось при жизни на территориях, радиоактивно загрязненных гамма-радиацией на уровне около одного мЗв в год [8].</p>
<p>22. «При дозах менее 100 мЗв никакой опасности для плода нет» (с. 250).</p>	<p>То, что «<i>При дозах менее 100 мЗв никакой опасности для плода нет</i>», — одно из безответственных утверждений Б. Комби, отражающее игнорирование атомщиками опасных для отрасли данных. Миф о безвредности доз менее 100 мЗв для плода развеяла британский эпидемиолог и радиолог А. Стюарт (A. Stewart) еще в 1950-е годы. XX в. Сейчас известно, что дополнительный уровень облучения в один мЗв в определенный период беременности ведет к достоверному (стохастическому — статистически случайному) удвоению вероятности рождения ребенка с умственными дефектами. Этот стохастический эффект превращается в детерминированный (для каждого облученного) при дозе в 25 мЗв после 28-го дня беременности [7].</p>
<p>23. «Люди сильно беспокоятся относительно плутония, совсем не выпадающего на нас, и в то же время не опасаются гораздо более токсичного полония, который постоянно с дождями проливается с небес» (с. 239).</p>	<p>Утверждение, что плутоний «<i>совсем не выпадающий на нас</i>» очень странно для физика-атомщика. Плутоний в результате атомных аварий широко распространен в биосфере: вокруг п/о «Маяк» на Южном Урале на сотни километров уровень плутония заметно повышен, плутоний от Чернобыльской АЭС распространен по всей Европе. Уже в первые дни после начала катастрофы плутоний был обнаружен в Па-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>риже, о чем широко сообщалось во французской прессе и о чем француз Б. Комби вроде бы должен знать. На нас до сих пор выпадает плутоний от прошлых ядерных взрывов в атмосфере и от сгоревших в атмосфере аварийных спутников с плутониевыми источниками энергии.</p> <p>Действительно, высокотоксичный полоний-210 относится к естественным альфа-излучателям и постоянно образуется в цепочках естественного распада урана и тория в горных породах. Растение табак концентрирует естественный полоний — в каждой сигарете есть молекулы этого вещества. Полоний-210 искусственно получается облучением висмута нейтронами в ядерных реакторах. Используется как мощный источник нейтронов (для ионизации газов, в компактных источниках тепла (например, в луноходе), в атомных боезарядах. В 2006 г. полоний-210 был использован для политического убийства, что привлекло к нему всеобщее внимание.</p> <p>Мы должны беспокоиться и по поводу полония, и по поводу плутония. Беспокойство по поводу плутония должно быть выше, потому что, во-первых, практически весь плутоний на Земле — дело рук человеческих (в отличие от полония) и потому что у плутония более длительный период распада (десятки тысячелетий, а не первые годы, как у полония).</p>

24. «Дозы облучения, полученные налетающими много часов пилотами и бортпроводниками, в некоторых случаях могут даже превышать дозы, допустимые для работников атомных электростанций, однако какого-либо вреда для их здоровья до настоящего времени не наблюдалось» (с. 62).

Экипажи самолетов действительно подвергаются повышенному воздействию плотноионизирующего излучения космических лучей, вторичных нейтронов, протонов радиационного пояса Земли и протонов солнечных вспышек. В полярных районах во время повышенной солнечной активности они могут получить годовую допустимую дозу облучения (5 мЗв) за восемь часов полета. Однако Б. Комби ошибается, когда утверждает, что *«какого-либо вреда для их здоровья до настоящего времени не наблюдалось»* По некоторым данным, онкологическая заболеваемость (и смертность) летчиков много больше таковой наземного летного персонала, есть заметные различия и в преимущественной локализации опухолей [9].

Кроме того, при сравнении летчиков и атомщиков надо иметь в виду, что летчики сталкиваются с естественной радиацией, тогда как персонал атомной промышленности — с радионуклидами, которых не было в заметных количествах на поверхности планеты. Неудивительно, что при формально одинаковых дозах *«облучения»* негативный эффект существенно больше для атомного персонала. У персонала атомной индустрии в России заболеваний крови, болезней костно-мышечной системы и психических расстройств больше, чем для населения в среднем, онкозаболеваемость у них растет быстрее, чем в среднем по стране [10].

Обобщая приведенный выше материал по влиянию малых доз, можно определенно утверждать, что искусственная радиация, несмотря на свою сравнительную малость сравнительно с общим уровнем природной ионизирующей радиации, очень опасна.

Источники

1. Яблоков А.В. 1998. Некоторые проблемы экологии и радиационной безопасности//Мед. радиология и радиационная безопасность. Т. 43. №1, сс. 24–29.
2. Крапивко Т.П., Ильенко А.И. 1988. Первые признаки радиоадаптации в популяции рыжих полевок (*Clethrionomys glareolus*) в радиационном биогеоценозе // Докл. АН СССР. 1988. Т. 302. № 5. С. 1272–1274.
3. ECRR. 2010. Recommendations of the European Committee on Radiation Risk: Health Effects of Ionizing Radiation Exposure at Low Doses for Radiation. Regulatory Edition//Busby C. et al. (eds.). Aberystwyth: Green Audit Books, 248 p.
4. Фогель Ф., Мотульский А. 1990. Генетика человека: Пер. с англ. М.: Мир, 1064 с.
5. Korblein A., Hoffmann W. 2006. Background radiation and cancer mortality in Bavaria: an ecological analysis//Arch Environ Occup. Health. Vol. 61. № 3. P. 109–114.
6. Bاندazevsky Yu.I. 2003. Cs-137 incorporation in children's organs. Swiss Med. Week. Vol. 133. P. 488–490.
7. Яблоков А.В. 2002. Миф о безопасности малых доз радиации: М.: ЦЭПР; Проект-Ф, 180 с.
8. Яблоков А. В., Нестеренко В. Б., Нестеренко А.В., Преображенская Н.Е. 2011. Чернобыль: последствия Катастрофы для человека и природы. 3-е, изд. перераб. и доп. Киев: Универсаріум, 590 с.
9. Колесниченко О.Ю. 2007. Радиационный риск в работе пилотов и космонавтов//[http://aviahumanfactor.ru/index.php?sid=90 &t=7&d=2&top=yes&](http://aviahumanfactor.ru/index.php?sid=90&t=7&d=2&top=yes&).
10. Яблоков А.В. 2003. Еще раз о состоянии здоровья работников Минатома России//Бюлл. по атомной энергии. № 3, сс. 56–60.

Глава 11. Пора забыть Чернобыль

В 2011 г. исполнилось 25 лет со дня взрыва четвертого блока на Чернобыльской АЭС. Последствиям этой самой крупной техногенной катастрофы в истории человечества посвящены многие тысячи научных работ, и общая картина последствий начинает четко прорисовываться. Эта картина разительно отличается от той, которую с первых дней после Катастрофы рисовали (и по сей день рисуют) сторонники развития атомной энергетики. Напомню, что через несколько месяцев после Катастрофы тогдашний глава МАГАТЭ Г. Бликс заявил в одном из интервью, что атомная энергетика может выдержать аварии типа чернобыльской раз в году [1].

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>1. «...авария 1986 года может быть охарактеризована скорее как катастрофа Советского Союза в ядерной области, а не как сугубо ядерная катастрофа» (с. 36, П. Мур).</p>	<p>П. Мур, написав, что Чернобыльская катастрофа — это «катастрофа Советского Союза», прав только частично. Действительно, в СССР допускались (а теперь в России допускаются) такие вопиющие нарушения в строительстве и эксплуатации АЭС, как нигде в мире. Но тот факт, что реактор взорвался (хотя атомщики утверждали, что он безопасен), показывает на недостатки атомных технологий и безответственность атомщиков вообще. От того, что мы будем называть атомные катастрофы советскими, американскими, английскими, японскими или шведскими, сущность дела не меняется: существующие атомные технологии являются самым опасным способом производства электричества.</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>2. <i>«...сегодня в этих обезлюдевших и сохранивших определенную радиоактивность местах живая природа намного богаче, чем в соседних районах»</i> (с. 44, Дж. Лавлок).</p> <p>3. <i>«Даже в 30-километровой закрытой зоне, выделенной вокруг площадки Чернобыльской АЭС, благополучно восстановилась флора и фауна»</i> (с. 96).</p>	<p>Лосей, оленей и кабанов больше в чернобыльской зоне не потому, что она радиоактивная (как можно подумать из слов Дж. Лавлока), а только потому, что она безлюдная. Живая природа в Чернобыльской зоне богаче только на первый взгляд. У живых существ здесь уровень мутаций превышает нормальный, что опасно в долгосрочной перспективе. А обилие крупных животных здесь поддерживается в основном за счет мигрантов с соседних территорий. В этом смысле чернобыльская зона — не «курорт», а «черная дыра». Морфологические, генетические, иммунологические тесты показывают, что популяции животных здесь находятся в подавленном состоянии, Если бы утверждение Дж. Лавлока о благотворном влиянии радиации на биоразнообразие было бы справедливым, то почему бы вообще не поддерживать биоразнообразие с помощью радионуклидов?</p>
<p>4. <i>«После катастрофы наблюдалось увеличение числа заболевших раком щитовидной железы... в основном на окружающей станцию территории... психоз и коллективная истерия, которые выросли на почве этой катастрофы... непропорционально велики в сравнении с реальной серьезностью фактов»</i> (сс. 48, 49).</p>	<p>Чернобыльские радиоактивные выпадения вызвали не только «увеличение числа заболевших раком щитовидной железы», но и привели к увеличению числа и распространенности многих других заболеваний, и в том числе органов и структур: кровообращения; эндокринной системы (кроме вызванных раком щитовидной железы); иммунной системы; дыхательной системы; мочеполовой системы (и нарушениям процесса репродукции); костно-мышечной системы (в том числе — пато-</p>

логические изменения структуры и состава костей — остеопения и остеопороз); центральной нервной системы (изменения в заднелобных, височных и теменно-затылочных отделах полушарий головного мозга, ведущие к изменениям интеллекта, поведения и психики); зрительного аппарата (катаракты, деструкция стекловидного тела, аномалии рефракции и болезни конъюнктивы); пищеварения; появлению врожденных пороков и аномалий развития (в том числе, редких множественных нарушений строения конечностей, головы, всего тела); лейкозий и других злокачественных новообразований. Серьезно нарушено здоровье детей, родившихся от облученных родителей. Чернобыль «обогатил» мировую медицину такими терминами, как *«омоложение рака»*, синдромы *«вегетососудистой дистонии»*, *«инкорпорированных долгоживущих радионуклидов»*, *«острого ингаляционного поражения верхних дыхательных путей»*, *«облучения in utero»*, *«чернобыльский СПИД»*, *«чернобыльское сердце»*. Чернобыльским заболеваниям посвящены тысячи опубликованных работ (обзор см. [3]), и многие из них отражены даже в государственных докладах Украины и Беларуси по последствиям Катастрофы [4, 5]. Б. Комби, вслед за атомщиками, утверждает, что увеличение заболеваемости на чернобыльских территориях связано не с облучением, а с *«психозом и коллективной истерией»*. Естественное опасение перед радиацией (атомщики презрительно называют это *«радиофобией»*) не может быть определяющей причи-

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>ной увеличения заболеваемости потому, что заболеваемость повсеместно возрастает через несколько лет после катастрофы, в то время как чувство опасности со временем притупляется. Да и какая радиофобия может быть у грызунов, птиц и лягушек, у которых наблюдаются болезненные изменения, сходные с теми, что наблюдаются и у людей?</p> <p>Не объясняет радиофобия и хорошо документированное изменение (снижение) интеллектуальных способностей у детей и подростков, родившихся и проживающих на «чернобыльских» территориях в Швеции и Норвегии, и увеличение числа изменений (аббераций) в хромосомах — генетические мутации у населения на загрязненных чернобыльскими радионуклидами территориях.</p>
<p>5. <i>«...почти вся радиоактивность из Чернобыля рассеялась в атмосфере, так и не достигнув Польши. Кроме того, основным радиоактивным элементом, выпущенным в атмосферу в результате аварии, был йод-31, период полураспада которого составляет всего лишь восемь дней»</i> (с. 49).</p> <p>6. <i>«Радиоактивное облако (чернобыльское. — А.Я.) состояло главным образом из йода-131... и цезия-137...»</i> (с. 268).</p>	<p>В другом месте своей книги Б. Комби сам опровергает это утверждение, когда пишет: <i>«Несколько дней после чернобыльской аварии по всей Европе отмечалось увеличение радиоактивности»</i> (с. 63). На территории Белоруссии, Украины и Европейской России выпала меньшая часть (около 43 %) чернобыльских радионуклидов. Остальные <i>«рассеялись в атмосфере»</i> и выпали как в странах Западной Европы (Германии, Швеции, Норвегии, Италии, Франции, Швейцарии, Великобритании и др.), так и в Азии (на Кавказе, в Турции, Индии, Китае, Японии) в Северной Америке (Канаде и США) и Африке (Египет).</p>

	<p>Непонятно, из каких источников Б. Комби почерпнул данные, что чернобыльская радиоактивность <i>«так и не достигла Польши»</i>. На самом деле, Польше досталось изрядно чернобыльской радиации. Главные чернобыльские выпадения здесь были 30 апреля 1986 г., и в них преобладал не йод-131, а теллур-132, а в «горячих частях» преобладали рубидий-103 и рубидий-106. Об уровне радиоактивного чернобыльского загрязнения Польши красноречиво говорит такой факт: в июне 1987 г. Бангладеш отправила обратно пришедшее из Польши судно с грузом сухого молока из-за неприемлемо высокого уровня радиоактивности.</p> <p>Неточен Б. Комби в отношении состава и активности выброшенных чернобыльским взрывом радионуклидов: йод-131 был только одним из нескольких главных радионуклидов (наряду с йодом-133, ксеноном-133, теллуrom-132 и др.). И опасен йод-131 был не восемь дней, а более двух с половиной месяцев.</p>
<p>7. <i>«...дополнительная доза, полученная во Франции от чернобыльских выпадений, сопоставима с той, которую вы получили бы, например, за несколько недель отпуска, проведенного в богатой горами Бретани (Западная Франция)»</i> (с. 63).</p>	<p>Это заявление представляет собой ошибку типа «средней температуры по больнице». Практически вся восточная часть страны получила довольно высокие чернобыльские выпадения, тогда как западная и центральная части Франции — сравнительно небольшие. Усреднение значений для всей страны не избавит сотни жителей восточных департаментов от дополнительных случаев рака щитовидной железы. Рост числа случаев этого рака у мужчин в департаменте Марн-Арденн происходил</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>совершенно синхронно с тем, что наблюдалось в Беларуси. Кстати, Франция — одна из немногих европейских стран, где не были приняты меры предосторожности в виде рекомендаций не использовать листовые овощи и молоко в первые дни после Катастрофы.</p>
<p>8. <i>«К середине 2006 г. число прямых жертв Чернобыльской катастрофы составило 32 человека плюс примерно 4 000 заболеваний раком щитовидной железы на Украине, в России и Белоруссии, из них менее 10 — с летальным исходом. ...Выявление заболеваний, связанных с аварией, особенно затруднено из-за эвакуации (иногда запоздалой, иногда неоправданной) на новые места постоянного проживания около 300 000 жителей из тех районов. В любом случае общее количество жертв гораздо меньше тысяч или миллионов, о которых говорят некоторые»</i> (с. 89).</p> <p>9. <i>«...за 70 лет после аварии от рака, вызванного облучением Чернобыля, может умереть от 0 до 15 тысяч человек на пространстве СНГ. По отношению к количеству онкологических заболеваний нечернобыльского происхождения это один добавочный случай на тысячу»</i> (с. 271).</p>	<p>Через 19 лет после Катастрофы МАГАТЭ и ВОЗ в докладе Чернобыльского Форума (2005) заявили, что число погибших и тех, которые погибнут из-за болезней, вызванных катастрофой, составит около 9 тыс. (в пресс-релизе по этому докладу говорится действительно о 4 тыс., но это число не заболевших, а должных погибнуть), а число заболевших — до 200 тыс. человек. Но и эти оценки оказываются многократно заниженными. Одна из причин заниженных оценок атомных лоббистов — в избранном ими «дозовом» подходе определения числа жертв. МАГАТЭ и ВОЗ определяют пострадавших казуистическим путем — подсчитывая, сколько «средний» человек (которым условно считается 20-летний здоровый мужчина кавказской расы) вдохнул (пропустил через легкие) радиоактивно загрязненного воздуха, выпил загрязненной радионуклидами воды, съел мяса и рыбы, овощей, выпил молока (опять же в среднем содержащего столько то радионуклидов). Хотя эти многократно усредненные цифры не могут объективно отражать уровень радиоактивного поражения каждого человека (полученных доз облучения),</p>

именно они используются для доказательства наличия или отсутствия связи заболеваний с загрязнением.

Более точным при определении числа жертв является «балансовый» подход. При сравнении сильно загрязненных (уровень загрязнения определяется весьма точно инструментально) чернобыльскими радионуклидами территорий с соседними, менее загрязненными, обнаружено увеличение общей смертности на радиоактивно загрязненных территориях Европейской России, Украины и Беларуси примерно на 4 % для первых 15–20 лет после катастрофы. По расчетам, основанным на детальном анализе официальной демографической статистики, на загрязненных территориях Беларуси, Украины и Европейской России дополнительная «чернобыльская» смертность за первые 15 лет после катастрофы составила около 237 тыс. человек [7].

Предполагается, что общая дополнительная «чернобыльская» смертность за первые 25 лет после катастрофы в мире составила около одного миллиона человек [3]. Есть и другие расчеты, основанные на применении официально принятого риска развития смертельного рака при облучении, вызванном известным количеством выброшенных радионуклидов в ходе катастрофы. По такой методике общее число случаев смертельных «чернобыльских» раков составляет около 1 786 000 человек [8]. Методика всех расчетов опубликована, и все они доступны проверке.

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>Поэтому слова Б. Комби «<i>В любом случае общее количество жертв гораздо меньше тысяч или миллионов, о которых говорят некоторые</i>» не обоснованны.</p>
<p>10. <i>«Дополнительная радиация, которой подверглись жители Западной Европы в результате Чернобыльской катастрофы... не представляла никакой опасности для здоровья»</i> (с. 273).</p>	<p>Утверждение Б. Комби, что в Западной Европе чернобыльская радиация «<i>не представляла никакой опасности для здоровья</i>», противоречит твердо установленным фактам, в том числе увеличению числа новорожденных с синдромом Дауна и другими врожденными пороками развития, увеличению младенческой смертности, увеличению числа выкидышей и изменению соотношения полов среди новорожденных в Германии, Швеции, Швейцарии и даже в Исландии.</p>
<p>11. <i>«Много разговоров относительно Чернобыля, но ничего или почти ничего не говорится о табаке, наркотиках, дорожных катастрофах и вредных привычках в питании, которые ежедневно убивают намного большее число людей. Где же здесь логика?»</i> (с. 159).</p>	<p>Вопрос Б. Комби о логике рассчитан на простодушного читателя. Табак, наркотики, автокатастрофы, суммарно с другими причинами, конечно, вносят вклад в общую смертность. Кстати, велики личные заслуги Б. Комби в пропаганде здорового образа жизни в Европе (в том числе в отказе от курения, от облучения продуктов питания и перехода к сыроедению). Но есть существенная разница между смертями от причин, перечисленных Б. Комби, и смертностью от облучения, вызванного атомной индустрией: любой человек сам решает — курить или не курить, быть наркоманом, вегетарианцем или сыроедом, выбирать для передвижения велосипед, автомобиль или поезд. Но никто из нас не защищен от радиоактивных выбросов</p>

	<p>атомной индустрии. Атомщики, не спрашивая нас, выбрасывают в воздух и воду опасные радионуклиды, которые, в конце концов, оказываются в наших легких, печени, мышцах и костях. Мы не можем избежать этих выбросов ни в лесу, ни в Антарктиде или на уединенном острове Полинезии.</p>
<p>12. «Увеличение атмосферной радиоактивности (в основном за счет йода-131) было обнаружено за тысячи километров, но значительные проблемы со здоровьем возникли только у людей, проживающих в непосредственной близости от станции или в подветренных направлениях» (с. 220).</p>	<p>1. «За тысячи километров» от Чернобыля было обнаружено не только «увеличение атмосферной радиоактивности», но и увеличение радиоактивности воды, почв, растений, животных и продуктов питания. И не только за счет йода-131 (который сравнительно быстро распадается), но и за счет радионуклидов, которые будут активны сотни и тысячи лет.</p> <p>2. Правильнее будет сказать так: «<i>значительные проблемы со здоровьем возникли</i>» везде, куда в результате атмосферного переноса попало заметное количество чернобыльских радионуклидов. Это не только территории Украины, Беларуси и России на расстоянии первых сотен километров от Чернобыля, но Швейцария и Норвегия, Швеция и Италия, Турция и Закавказье, Великобритания и многие другие места, удаленные на тысячи километров от Чернобыля. В Швеции, Швейцарии, Германии и ряде других стран после Чернобыля увеличилась младенческая смертность, в Берлине и Турции возросло число родившихся с синдромом Дауна, в Италии, Германии, Швейцарии, Швеции и ряде других стран возросло число заболевших раком щитовидной железы, в Швеции и Норвегии у людей на загрязненных радио-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>нуклидами территориях возникли проблемы с интеллектуальным развитием (по сравнению с рядом живущими на чистых территориях). Анализу связанных с Чернобылем заболеваний в Западной Европе посвящены десятки серьезных научных сообщений. Вспомним и о 830 тыс. чернобыльских ликвидаторов, десятки тысяч которых сейчас живут в США, Израиле, Германии, Австралии и других странах. Поломки хромосом (стабильные аберрации), возникшие у них под влиянием чернобыльского облучения, передаются их детям (а значит — и дополнительным заболеваниям) и дальше внукам и правнукам, пока не исчезнут по генетическим законам в седьмом поколении.</p>
<p>13. <i>«...домохозяйки во Франции и Испании избегали некоторых продуктов питания в течение нескольких месяцев после аварии. Не было никакого научного оправдания этому. Поскольку так далеко от места катастрофы загрязнение не представляло никакой угрозы»</i> (с. 254).</p>	<p>В большинстве европейских стран (и ряде штатов США) уже в первую неделю после катастрофы были введены рекомендательные ограничения на потребление свежих овощей и молока. Эти простые меры спасли десятки тысяч людей от радиогенных заболеваний. Во Франции власти заявляли, что никакого опасного чернобыльского загрязнения нет, несмотря на факты. Сегодня карты встреч случаев рака щитовидной железы хорошо совпадают с картами чернобыльского загрязнения страны: эти более тысячи дополнительных случаев рака — на совести французского правительства.</p> <p>В СССР никаких ограничений использования загрязненных продуктов питания официально не вводилось в</p>

	<p>первые недели, но втайне загрязненные радионуклидами продукты питания (смешанные для «разбавления» с чистыми) распространялись по всей стране.</p> <p>В отношении Испании Б. Комби формально прав: на официальных европейских картах загрязнения Европы чернобыльским цезием-137 Испания обозначена как страна, получившая очень небольшое количество чернобыльских радионуклидов. Но это официально и, скорее всего, не особенно точно. Иначе трудно объяснить факт, что Испания входит в число стран, продукты из которых были задержаны вскоре после катастрофы на таможне в США по причине высокого содержания в них радионуклидов. Вот полный список этих стран: Турция, Италия, Австрия, Германия, Греция, Югославия, Венгрия, Швеция, Дания, Египет, Франция, Голландия, Испания, Швейцария.</p> <p>В моем чернобыльском досье есть, кроме того, данные по опасному радиоактивному загрязнению пищевых продуктов в Великобритании, Польше, Хорватии, Ирландии и Финляндии.</p>
<p>14. «Радиоактивный цезий обнаруживается в пищевой цепи, особенно в грибах... В Изере, одном из департаментов Французских Альп, максимальный уровень радиоактивности некоторых дикорастущих грибов, измеренный в конце 1986 года, достигал 1840 Бк/кг сухого веса» (с. 274).</p>	<p>Даже в свежих лисичках, белых грибах и подберезовиках в департаменте Вогез спустя 10 лет после катастрофы уровень радиоактивного чернобыльского цезия превышал 20 тыс. Бк/кг [12]. Наверное, в каких-то сухих грибах в департаменте Изер и было 1840 Бк/кг цезия-137 в 1986 г. (что, кстати говоря, тоже выше безопасного уровня — 600 Бк/кг), но это никак не значит, что чернобыльские выбросы были безопасными для французских домохозяек и гурманов.</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>14. <i>«...одним из растений, которое могло бы быть опасным из-за его повышенной способности накапливать цезий, является тимьян (чабрец). Но употребление тимьяна из Западной Европы не представляло опасности... Это (3000 Бк/кг. — А.Я.) наивысшее значение, соответствующее максимальному количеству цезия-137, зарегистрированному в Западной Европе в результате катастрофы в Чернобыле...»</i> (с. 254).</p>	<p>Трудно представить, что Б. Комби не знает действительного положения с загрязнением пищевых продуктов чернобыльскими радионуклидами. Вот перечень растительных продуктов из Европы, задержанных на американской таможне из за высокого уровня чернобыльской радиации: орегано, шалфей, тимьян, тмин, орехи, фиги, лавровый лист, чай, чечевица, ягоды можжевельника, цикорий, артишоки [3]. Почему, говоря о безопасности загрязнения тимьяна, Б. Комби не упомянул, что 3 тыс. Бк/кг — это в пять раз выше норм радиационной безопасности, принятых для пищевых продуктов в Европейском Союзе? Почему он не упомянул, что в его родной Франции в 1986 г. грибы в лесах содержали опасное для людей количество цезия-134/137 (24 тыс. Бк/кг при норме 600 Бк/кг)? И уж совсем непонятно, почему не упомянул, что до сих пор, спустя 20–25 лет после Чернобыльской катастрофы, и в Германии, и в Швейцарии, и во Франции есть места, где опасно есть мясо диких кабанов и оленей из-за высокого радиоактивного чернобыльского загрязнения?</p>
<p>15. <i>«...Было эвакуировано все население... исключая тех немногих, кто отказался покинуть свои земли, — большинство из них еще живы и здоровствуют»</i> (с. 269).</p>	<p>Действительно, в зоне отселения жили к 2010 г. около 500 самоселов. Сколько из них осталось в живых после катастрофы, а сколько поселилось здесь подальше от людей в последнее время — никто не знает. Корректно надо было бы написать, что некоторое число отказавшихся от эвакуации самоселов живы. Но этот факт не доказывает безопаснос-</p>

	<p>ть чернобыльской зоны. В популяциях млекопитающих (и человека) есть примерно 10 % особей с пониженной радиочувствительностью. Именно такие могли выжить в зоне (хотя, конечно, они не «здравствуют»).</p>
<p>17. «С 1986 г. в районе Чернобыля наблюдалось увеличение случаев заболевания раком щитовидной железы среди детей. ...за время до 2005 года... Чернобыльский форум упоминает о 4000 диагностированных случаев... Рак щитовидной железы чаще поддается лечению... Увеличение числа случаев заболевания раком может быть связано с аварией в Чернобыле, но... причины могут быть другими... До катастрофы многие из этих случаев прошли бы незамеченными...» (с. 270).</p>	<p>Напрасно Б. Комби сомневается и говорит о том, что «многие» случаи рака можно объяснить лучшей диагностикой. Во-первых, чернобыльский рак особенный: он, как говорят медики, агрессивный и отличается строением ткани железы (т.н. фолликулярная форма). Во-вторых, если бы речь шла о небольшом увеличении числа случаев его встреч, то лучшая диагностика могла бы оказывать заметное влияние. Но в случае с Чернобылем речь идет об увеличении числа случаев такого рака в десятки раз по сравнению с дочернобыльским уровнем.</p> <p>Лучшая диагностика, конечно, имеет место (ультразвуком обнаруживаются мелкие опухоли), и она, несомненно, увеличивает число зарегистрированных случаев рака щитовидной железы. Но после 1989 г. резко возросло число случаев, обнаруживаемых и без ультразвукового исследования раков.</p>
<p>18. «...увеличение зоба у детей действительно наблюдалось в Белоруссии и на Украине после аварии. Но мы не знаем, в какой степени это увеличение является результатом аварии или связано с другими факторами, такими, как изменение образа жизни и питания после падения коммунистического режима» (с. 275).</p>	<p>Наверное, Б. Комби не сделал бы такого предположения (о связи зоба с крахом СССР), если бы знал особенности встречаемости патологий щитовидной железы: они достоверно более часто встречаются на более радиоактивно загрязненных территориях, не отличающихся от соседних ни по характеру питания людей, ни по политической истории.</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>19. <i>«В сильно загрязненных районах ни увеличения частоты зоба среди взрослых, ни лейкемии, ни рождения детей с генетическими дефектами не наблюдалось»</i> (с. 270).</p>	<p>Все эти три утверждения — неправда.</p> <p>1. Во многих исследованиях описано заметное увеличение числа встреч структурных изменений щитовидной железы (зоба) у взрослых жителей радиоактивно загрязненных территорий, среди эвакуированных и среди ликвидаторов в Украине, Беларуси и России. В юго-восточной части Польши (более загрязненной чернoбыльскими радионуклидами, чем остальная территория страны) не только каждый десятый ребенок, но каждая вторая женщина (всего обследовано более 21 тыс. человек) имели увеличенную щитовидную железу; здесь в некоторых поселках патология щитовидной железы была обнаружена у 70 % жителей.</p> <p>2. Достоверный рост встречаемости всех форм лейкемии (рака крови) через несколько лет после катастрофы (и не только у детей) признается даже официально в Беларуси, Украине и России. По одному из обоснованных прогнозов общее число случаев «чернобыльской» лейкемии для всей Европы составит до 2056 г. («чернобыльского» поколения) около 13 тыс. (в том числе около 9 тыс. — смертельных) [9].</p> <p>3. На радиационно загрязненных территориях, особенно с плотностью загрязнения ≥ 15 Ки/км², увеличено число спонтанных выкидышей (свидетельство крупных нарушений в ходе эмбрионального развития; среди этих абортусов увеличено число врожденных пороков развития). Общее число</p>

	<p>детей с крупными врожденными пороками развития (ВПР) в Украине, Беларуси и России увеличилось (даже по официальным данным) на загрязненных территориях в несколько раз в первое десятилетие после катастрофы. Среди детей ликвидаторов около половины имеют врожденные пороки развития. Данные об увеличении числа врожденных пороков развития после катастрофы есть для Молдовы, Грузии, Германии, Турции, Болгарии, Хорватии и других стран [3].</p> <p>Ниже — результаты одного из недавних исследований. Анализ данных по 96 438 родам 2000–2006 гг. в Ровенской обл. (Украина) показал, что в менее радиоактивно загрязненной части области уровень встречаемости ВПР центральной нервной системы составил 1,8/1000, а в более радиоактивно загрязненной — 2,7/1000. В более загрязненной части области встречаемость микроцефалии была в 2,8 раза выше и встречаемость микрофтальмии — в 4,5 раза выше, чем в менее загрязненной. В загрязненной Ровенской обл. встречаемость сросшихся близнецов в три раза выше и встречаемость тератомы (рака копчикового отдела позвоночника) в два — три раза выше, чем в европейских странах [10].</p>
<p>20. <i>«В более отдаленных странах... риск заболевания раком вследствие Чернобыля равен нулю»</i> (с. 272).</p>	<p>Заявление Б. Комби о том, что вне Беларуси, Украины и Европейской России <i>«риск заболевания раком вследствие Чернобыля равен нулю»</i>, безответственное и неправильное. В международных научных журналах опубликовано немало работ по увели-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>чению числа раковых заболеваний на территориях с чернобыльскими осадками далеко за пределами бывшего СССР. Есть и несколько прогнозов. По одному из таких прогнозов (весьма консервативному) число заболеваний «чернобыльским» раком составит в среднем для Европы (без Украины, Беларуси и России) до 2056 г.: щитовидной железы — около 34 тыс., рака крови (лейкемии) — около 3 тыс., и всех других раков — около 48 тыс. [9].</p>
<p>21. <i>«Число дополнительных и ничем не оправданных аборт, последовавших в Европе вслед за аварией, оценивается примерно в 100 000. ...Эти 100 000 стали жертвами психологического шока, в то время как реальный риск в Западной Европе был нулевым даже для беременных женщин»</i> (с. 272).</p>	<p>То, что <i>«риск в Западной Европе был нулевым даже для беременных женщин»</i>, далеко не так. Приведу только два примера влияния чернобыльских выпадений на характеристики новорожденных — синдром Дауна и изменение соотношения полов. В Германии (Берлин) и Великобритании (Шотландия) отмечено двукратное и более (в Северо-Восточной Швеции — на 30 %) увеличение числа новорожденных с синдромом Дауна среди зачатых в мае — июне 1986 г. Другой пример — соотношение полов. В Чехии и Моравии статистикой фиксируется месячное соотношение полов. За многие сотни месяцев наблюдения (с 1950 г. по настоящее время) только один раз — в ноябре 1986 г. родилось много меньше мальчиков (пол оказался измененным у тех, кому в утробе матери в момент катастрофы было 7–9 недель от зачатия).</p> <p>Общее число эмбрионов и плодов погибших (спонтанных аборт и вы-</p>

	<p>кидышей) из-за низкоуровневого облучения матерей после Чернобыля составило около 800 тыс. [11] — в несколько раз больше числа дополнительных аборт в результате «психологического шока». Кстати, без этих абортов число новорожденных с синдромом Дауна и другими крупными врожденными уродствами в Центральной и Западной Европе было бы заметно большим. Напомню, что в Беларуси после катастрофы была введена государственная система снижения числа новорожденных с крупными пороками развития. По этой системе ежегодно делалось несколько сот медицинских абортов на протяжении нескольких лет после 1986 г.</p>
--	---

Б. Комби, в унисон с большинством атомщиков, сознательно занижает последствия Чернобыльской катастрофы. Типичный прием — непризнание связи с Чернобылем огромного количества дополнительных заболеваний под предлогом «отсутствия корреляции с полученной дозой». При этом умалчивается, что сами дозы определяются, как правило, в высшей степени неточно, по сомнительным косвенным расчетам, а не по точным физическим измерениям. В ходу и прямое замалчивание «неудобных» фактов, даже официально признанных. Для развития атомной отрасли («атомного ренессанса») крайне опасна реальная картина последствий Чернобыльской катастрофы. Современный лозунг атомщиков — «Пора забыть Чернобыль». Уже через 10 лет после Чернобыля, определяя задачи атомной отрасли, МАГАТЭ среди основных отметило: *«Отстаивать позицию о предельной безопасности ядерной энергетики, включая хранение отходов, в противовес воспоминаниям о Чернобыле (выделено. — А.Я.)»*. Но «забыть» Чернобыль нельзя и потому, что это кошунственно по отношению к пострадавшим, и потому, что эти последствия еще долго (несколько поколений) будут страшным эхом отзываться в состоянии здоровья миллионов. Нобелевский лауреат академик Ж. Алферов после Фукусимы сказал: *«Чернобыль стал первым кризисом в ядерной энергетике. То, что случилось в Японии, показало, что это неслучайно»* [2].

Источники

1. Chernobyl, cancer and creeping paranoia//1996. The Economist. March 9. P. 91–92.
2. Солнечная энергетика перспективнее термоядерной, считает Алферов. 2011//<http://www.venture-news.ru/news/5463-solnechnaya-energetika-perspektivney-termoyadernoy-schitaet-alferov.html>.
3. Яблоков В.В., Нестеренко В.Б., Нестеренко А.В., Преображенская Н.И. 2011. Чернобыль: последствия Катастрофы для человека и природы. 3-е изд., доп. и перераб. Киев: Универсарииум. 590 с.
4. Національна доповідь України. 2006. 20 років Чорнобильської катастрофи: погляд у майбутнє. Київ: Атіка, 223 с.
5. Национальный доклад Белоруси. 2006. 20 лет после чернобыльской катастрофы: последствия в Республике Беларусь и их преодоление. Минск, ГоскомЧернобыль. 112 с.
6. Almond D. Jr., Edlung L., Palmer M. 2007//Chernobyl's Subclinical Legacy: Prenatal Exposure to Radioactive Fallout and School Outcomes in Sweden. SSRN Electronic Paper Collection. NBER Working Paper № W13347//<http://ssrn.com/abstract=1009797>.
7. Худoley В.В., Блоков И.П., Садовничик Т., Бисаро С. 2006. Попытка оценки последствий Чернобыльской катастрофы для населения, проживающего на радиационнозагрязненных территориях России//Блоков И. П. (ред.) Последствия Чернобыльской аварии: оценка и прогноз дополнительной смертности и раковых заболеваний. М.: Центр независимой экологической экспертизы РАН. сс. 3–19.
8. Bertell R. 2006. The Death Toll of the Chernobyl Accident.//Busby C.C., Yablokov A.V. (eds.). Chernobyl: 20 years on. Health Effects on the Chernobyl Accident. ECRR Doc 1. Aberystwyth: Green Audit Book. P. 245–248.
9. Malko M. V. 2007. Assessment of Chernobyl medical consequences accident//Blokov I., Sadownichik T., Labunska I., Volkov I. (eds.) The Health Effects of the Human Victims of the Chernobyl Catastrophe. Amsterdam: Greenpeace Int. P. 194–235.
10. Wertelecki W. 2010. Malformations in a Chornobyl-Impacted Region. *Pediatr.* Vol. 125. №. 4. P. 836–843.
11. Scherb H., Voigt K. 2007. Trends in the human sex odds at birth in Europe and the Chernobyl Nuclear Power Plant accident//*Reproductive Toxicol.* Vol. 23. № 4. P. 593–599.
12. Чикин М. 1997. На карте Франции — чернобыльские пятна//Комс. правда. 25 марта. С. 6.

Глава 12. Ядерная энергетика обеспечивает независимость

В этой главе — аргументы против распространяемой атомщиками точки зрения о том, что атомная энергетика имеет «стратегические» преимущества — обеспечивает энергетическую независимость страны, ею обладающей.

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>1. <i>«С ядерной энергией большинство стран могут стать энергетически независимыми»</i> (с. 146).</p>	<p>На самом деле страна, вставшая на путь создания атомной энергетики, оказывается в гораздо большей зависимости от других стран, чем при развитии других способов производства электроэнергии: ей нужен уран, нужны все сложные технологии ядерно-топливного цикла ЯТЦ (добыча и обогащение урана, атомные реакторы и другое оборудование АЭС, обращение с отработавшим ядерным топливом), которые одной стране, даже очень богатой, малодоступны.</p>
<p>2. <i>«...в отношении ядерной державы невозможен «энергетический шантаж»...»</i> (с. 145).</p>	<p>Атомщики часто выдвигают аргумент «энергетической независимости» при обсуждении преимуществ атомной энергетики. В отношении страны с атомными станциями возможностей для «энергетического шантажа» больше:</p> <ul style="list-style-type: none"> — возможен шантаж поставкой ядерного топлива (немногие страны способны производить топливо сами); — возможен шантаж отказом переработки отработавшего ядерного топлива (только две страны — Великобритания и Франция — обладают коммерческими мощностями по переработке ОЯТ);

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>— возможен самый страшный — ядерный — шантаж.</p> <p>Любая страна, имеющая АЭС, имеет на своей территории крайне привлекательное оружие для потенциального врага или террористов. За доказательствами далеко ходить не надо: 1) во время «холодной войны» межконтинентальные ракеты США были нацелены на советские АЭС, а советские — на американские; 2) если бы один из четырех самолетов, захваченных «Аль-Каидой» 11 сентября, поразил (как первоначально предполагалось) АЭС в Пенсильвании, число жертв было бы больше, чем при разрушении двух зданий в Нью-Йорке.</p>
<p>3. «Работающая на мазуте электростанция потребляет миллионы тонн топлива в год, а количество урана, потребляемого ядерным реактором за то же время, — всего лишь несколько тонн. Это позволяет стране без затруднений создать достаточный запас уранового топлива, чтобы на десятилетия защитить себя от любой экономической, военной или другого рода блокады» (с 145).</p>	<p>«Создать достаточный запас уранового топлива» очень непросто. В реактор АЭС загружают уран не лопатами, а в виде сложных технических конструкций — тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов), собранных в тепловыделяющие сборки (ТВС). Их производство освоено только в десятке стран (США, России, Франции, Японии, Канаде, Китае, Германии, Великобритании, Индии, Южной Кореи). Только в немногих странах есть и технологии обогащения природного урана (для топлива для большинства атомных реакторов необходимо в несколько раз повысить концентрацию изотопа уран-235 по сравнению с природной в 0,7 %). Каждый тип реактора требует сугубо специальных по размерам и другим характеристикам ТВС — ТВС одних реакторов</p>

	<p>не годятся для других. Хотя мазута или угля для тепловой электростанции действительно требуется в тысячи раз больше по весу и объему, чем урана для АЭС, стоимость атомного топлива в тысячи раз выше стоимости мазута или угля. Поэтому страна, решившая создать запас атомного топлива на десятилетия, будет, во-первых, зависеть от стран — производителей ТВС, а во-вторых, должна будет омертвить (затратить на покупку потребующегося через много лет топлива) значительные средства. Для загрузки одного реактора ВВЭР-1000 надо 80 т уранового топлива с обогащением по урану-235 в 4,4 %. Примем стоимость одного кг такого урана за 2 тыс.долларов. Тогда загрузка одного реактора (на три года работы) будет стоить 160 млн долларов, на шесть лет — 320 млн долларов, на 12 лет — 640 млн долларов. На АЭС обычно не меньше двух реакторов. Не думаю, что у многих стран найдутся свободные сотни миллионов долларов.</p>
<p>4. «Природные ресурсы урана распределены по земному шару более равномерно, чем нефтяные месторождения, сконцентрированные в немногих районах. Поэтому стабильность цен на урановые руды гарантирована на длительное время, и в этом смысле все страны находятся в более или менее равных условиях» (с. 145).</p>	<p>Непонятно, как Б. Комби определил, что месторождения урана распределены «более равномерно, чем нефтяные месторождения». Урана в земной коре и Мировом океане много, но в мире доступных богатых месторождений урана много меньше, чем богатых месторождений углеводородов.</p> <p>Сомнительно и утверждение Б. Комби о «стабильности цен» на уран. На самом деле цены на уран колеблются более чем в десятки раз за последние 15 лет: в 1996 г. — 10 долл./фунт урана; в 2007 г. — 138 долл. /фунт); в 2010 г. — 40</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>долл./фунт; в 2011 г. — до 65 долл./фунт (см. рис. 7 в приложении).</p> <p>Получается, что за последние 15 лет цена на свежий уран колебалась почти в 14 раз. И это называется «стабильные цены»?</p> <p>По большинству прогнозов, запасы коммерчески доступного урана-235 будут исчерпаны в ближайшие 50–70 лет (при заметном увеличении числа и мощности АЭС — раньше). Поэтому в долгосрочной перспективе — по мере истощения немногих доступных богатых месторождений урана — цены на уран должны расти.</p>

Мировой опыт развития атомной индустрии показывает: страны, вступившие на путь развития атомной энергетики, оказываются не менее, а более зависимыми. Это — экономическая зависимость от получения ядерного топлива и всех технологий ядерно-топливного цикла. Это — политическая зависимость от многочисленных международных соглашений, жестко контролирующих распространение атомных технологий для предотвращения распространения ядерного оружия. Наконец, АЭС — это оружие для внешнего и внутреннего врага и соответственно резко возрастающая угроза национальной безопасности любой страны. Получается, что АЭС — это настоящий капкан для независимости страны.

Глава 13. Реакторы на быстрых нейтронах выгодны и безопасны

В реакторе на быстрых нейтронах уран-238 превращается в плутоний-239. Перерабатывая («регенерируя») отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) из таких реакторов, теоретически можно бесконечно получать энергию из одного и того же объема исходного уранового (а также уран-плутониевого, уран-ториевого и ториевого) топлива — организовать «замкнутый» ядерный топливный цикл (ЯТЦ). Так, казалось бы, можно решить проблему грядущей нехватки урана-235, дефицит которого (особенно при планируемом атомщиками увеличении числа и мощности АЭС) уже маячит через 40–60 лет. Замкнутый ЯТЦ позволил бы использовать миллионы тонн накопленного урана-238. Но если все так замечательно, то почему большинство реакторов-бридеров, построенных было в США, Великобритании, Франции, Японии, к настоящему времени закрыто?

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>1. <i>«Они (реакторы на быстрых нейтронах. — А.Я.) хорошо себя зарекомендовали и могут производить значительное количество энергии»</i> (с. 174).</p> <p>2. <i>«Такие реакторы (на быстрых нейтронах. — А.Я.) будут производить электричество для населения и промышленности, потребляя в 50–100 раз меньше урана, чем существующие водоводяные реакторы»</i> (с. 201).</p> <p>3. <i>«...эти новейшие реакторы (на быстрых нейтронах. — А.Я.) будут работать на сегодняшних запасах урана около тысячи лет»</i> (с. 176).</p>	<p>В реакторе на быстрых нейтронах каждое ядро используемого в качестве топлива плутония-239 при распаде дает два-три нейтрона, один из которых обеспечивает поддержание цепной реакции, а другие поглощаются ядром урана-238 с образованием вновь плутония-239. Получается, что в таком реакторе возникает больше расщепляющегося материала (плутония-239), чем туда загружено первоначально. Для работы такого реактора-бридера («размножителя») в свежем топливе должно быть 15–30 % плутония и 70–85 % урана-238.</p> <p>Из-за повышенного содержания расщепляющегося материала в топливе температура рабочей зоны бридера более высокая, чем в других реакторах, и</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>для отвода тепла требуется теплоноситель с очень высокой теплопроводностью (например, жидкий металл натрий или эвтектический сплав свинца с висмутом).</p> <p>На практике везде, где пытались наладить коммерческую эксплуатацию бридеров, их пришлось останавливать. Вот основные вехи истории бридеров [1, 5]:</p> <ul style="list-style-type: none"> — в 1971 г. в США остановлен бридер «Ферми-1» из-за расплавления активной зоны; — в 1977 г. остановлен бридер «Даунри» из-за постоянных неполадок; в 1993 г. после неполадок в работе бридера PFR все работы по бридерам остановлены; — в 1990 г. во Франции остановлен бридер «Суперфеникс» после опасных нарушений в работе; — в 1991 г. в Германии окончательно отказались (в том числе по экономическим соображениям) от ввода в строй построенного еще в 1985 г. бридера «Калкар» и построили на его месте парк разлечений; — в 1995 г. в Японии остановлен бридер «Мондзю» после утечки теплоносителя-натрия и пожара. <p>В строительство бридеров разные страны вложили суммарно не менее 35 млрд долларов.</p> <p>Российские атомщики заявляют, что имеют замечательный опыт безаварийной эксплуатации бридера БН-600 на Белоярской АЭС. Так, например, в официальной «Стратегии развития</p>

атомной энергетики» написано: «Россия имеет уникальный опыт эксплуатации реакторов на быстрых нейтронах — БН-350 и БН-600 (безаварийная работа в течение 20 лет)» [4]. Реактор БН-600 на Белооярской АЭС — крупнейший коммерческий реактор на быстрых нейтронах в мире. За время его эксплуатации произошло 27 утечек теплоносителя-натрия (в том числе пять — радиоактивного натрия), 14 этих утечек сопровождались возгоранием натрия. Вот некоторые, ставшие известными, события на этом бридере [1, 5]:

— в 1987 г. из-за несанкционированного увеличения мощности реактора («неопознанное аномальное явление» — по-видимому, примеси, накопившиеся в теплоносителе, вызвали повышение реактивности и саморазгон реактора [7, 8]) произошло резкое повышение температуры в активной зоне, вызвавшее расплавление 12 ТВЭЛов и выброс радионуклидов суммарной активностью около 100 тыс. Ки;

— в 1992 г. в районе Белооярской АЭС обнаружены концентрации цезия-137 и кобальта-60 с мощностью излучения около 1200 мкР/час (в том же году значительное количество жидких радиоактивных отходов попало в водоем-охладитель);

— в 1993 г. реактор был аварийно остановлен в результате повышения радиационного фона в вытяжной вентиляционной сети; утечка натрия из первого контура;

— в 1994 г. утечка натрия из второго контура;

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>— в 1995 г. утечка натрия из второго контура; в подземных водах около АЭС обнаружены значительные концентрации цезия-137 и стронция-90;</p> <p>— в 1996 г. нештатные выбросы продуктов деления, в результате чего концентрация цезия-137 в вентиляционной системе увеличилась стократно.</p> <p>Если бы даже часть тех инцидентов, которые происходили на БН-600, произошли в странах с более высоким уровнем атомной безопасности, чем в СССР/России, то этот бридер был бы давно закрыт (как это и произошло с зарубежными бридерами).</p>
<p>4. <i>«...продолжительность использования урана может быть увеличена приблизительно в 50 или 100 раз за счет строительства реакторов на быстрых нейтронах»</i> (с. 151).</p>	<p>Известно, что замечательные на бумаге (теоретически) атомные реакторы после запуска обнаруживали непредвиденные проблемы. Сомнительно, что голубая мечта атомщиков о бесконечном воспроизводстве ядерного топлива превратится в реальность. Одна из причин то, что при повторной переработке ОЯТ происходит накопление трудно удаляемых при «регенерации» ОЯТ урана-232, урана-236 и плутония-240 (их присутствие в топливе ухудшает его энергетические показатели). Регенерация ядерного топлива резко удорожает атомное электричество. Министр по атомной энергии РФ В.Н. Михайлов отметил: <i>«...1 кВт · ч, полученный на реакторе на быстрых нейтронах, в 2 раза дороже по сравнению с легководным...»</i> [6].</p>

5. «Атомная энергетика позволяет нам оберегать природу и продолжать наше экономическое и научное развитие в ожидании реакторов на быстрых нейтронах» (с. 353).

«Не говори гоп, пока не перепрыгнешь» — эта пословица приложима к мечтам атомщиков о реакторах на быстрых нейтронах. Привлекательные теоретически реакторы на быстрых нейтронах на практике оказались много опаснее других типов реакторов — они работают неустойчиво, с «аномальными явлениями». А впереди у этих реакторов маячат и другие проблемы — экономическая неэффективность, более жесткие требования к радиационной и термической стойкости топлива и топливных элементов (ТВЭЛов) и сборок (ТВС), накопление при «регенерации» ОЯТ продуктов деления, которые поглощают нейтроны и уменьшают коэффициент воспроизводства (требует периодической дорогой радиохимической очистки топлива).

Еще проблема бридеров — интенсивный поток нейтронов в реакторе-бридере ускоряет процессы радиационного разрушения структур реактора: поток нейтронов вызывает ускоренное радиационное охрупчивание корпуса и внутрикорпусных деталей реактора. При этом также увеличивается количество радиоактивных продуктов коррозии в теплоносителе — повышается радиоактивность теплоносителя. В бридерах с охлаждением натрием в результате нейтронной бомбардировки в реакторе образуются радиоактивные натрий-24 и натрий-22 (периоды полного распада соответственно около 6 суток и 26 лет). Как результат — требуется более четырех суток после

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>остановки реактора, прежде чем персонал может находиться вблизи больших количеств натриевого теплоносителя. В бридерах со свинцово-висмутовым жидкометаллическим теплоносителем в первом контуре при захвате нейтрона висмутом возникает опасный полоний-210 — радиотоксичный альфа-излучатель.</p> <p>Не исключено, что создать крупномасштабную атомную энергетику на реакторах-бридерах не получится.</p>
<p>6. <i>«Промышленная эксплуатация реактора на быстрых нейтронах «Суперфеникс» мощностью 1300 МВт (Эл) доказала, что концепция таких реакторов технически осуществима, экономически жизнеспособна и экологически чиста. Это реактор работал более десяти лет, пока не был «убит» по политическим мотивам в 1997 г...»</i> (с. 202).</p> <p>7. <i>«Реактор «Суперфеникс» мощностью 1300 МВт (Эл) в Creys Malville во Франции хорошо работал в течение нескольких лет, пока «зеленые», вошедшие во вновь избранное коалиционное антиядерное правительство, по чисто политическим причинам не решили остановить его»</i> (с. 174).</p> <p>8. <i>«Хотя SuperPhenix хорошо работал и имел много экологических преимуществ, он был безжалостно заглушен»</i></p>	<p>Нарисованная Б. Комби картина безжалостного «убийства» самого крупного в мире реактора на быстрых нейтронах далека от объективности.</p> <p>«Суперфеникс» после нескольких лет опытной эксплуатации в 1986 г. был подключен к энергетической сети. В 1988 г. из-за постоянных утечек теплоносителя (натрия) был выведен из эксплуатации. Затем было несколько случаев неожиданных падений и повышений реактивности в активной зоне (очень напоминает «неопознанное аномальное явление» на Белоярском бридере). В 1990 г. произошло разрушение турбинного зала (обрушение под массой снега крыши). В 1991–1994 гг. снова выведен из эксплуатации с изменением статуса на «исследовательский реактор». В августе 1994 г. в очередной раз возникла критичность. В декабре 1996 г. остановлен для изменения конфигурации активной зоны. В феврале 1997 г. лицензия на эксплуатацию отозвана по</p>

<p><i>и пущен на слом в 1997 г. в результате политической сделки, при которой французские антиядерные «зеленые» вошли в правительство» (с. 365).</i></p>	<p>решению суда. В 1997 г. правительство принимает решение о закрытии реактора «ввиду чрезмерных затрат». За все время работы никогда не достигал установленной мощности 1300 Мвт и за 13 лет «Суперфеникс» находился в эксплуатации меньше года! Общая сумма расходов на «Суперфеникс» составила, по одним данным, около 9 млрд евро, по другим — около 40 млрд. Затраты на демонтаж составят еще несколько млрд евро.</p> <p>Сетования Б. Комби на французских «зеленых» не оправданны: не только «зеленые», но и многие другие политические и неполитические группы выступили против этого опасного проекта.</p>
<p>9. «Энергоблоки на основе быстрых реакторов... могут и должны использоваться в качестве «экологических реакторов» (с. 173).</p>	<p>Реакторы-бридеры — голубая мечта атомщиков не только потому, что они могли бы решить проблему нехватки урана-235, но и потому, что они, теоретически, могли бы «сжигать» высокоактивные радиоактивные отходы. Безопасное обращение с образующимися в реакторах на тепловых нейтронах долгоживущими изотопами тяжелых элементов является одной из важнейших и нерешенных проблем атомной энергетики (см. гл. 3).</p> <p>Однако суждено ли сбыться мечтам Б. Комби о масштабном использовании быстрых реакторов в качестве «экологических реакторов»?</p> <p>Переход к серийному сооружению АЭС с реакторами на быстрых нейтронах осложнен многими неотработанными в промышленном масштабе технологическими процессами и нере-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>шенными вопросами организации безопасного ядерного топливного цикла (как известно, «дьявол — в деталях»). Чего будет стоить дистанционно управляемая (находиться вблизи опасно из-за высокой радиоактивности) химическая переработка отработавшего топлива и изготовление топливных таблеток, ТВЭЛов и ТВС из регенерированного ядерного топлива? Присутствие в отработавшем топливе долгоживущих изотопов существенным образом усложняет, во-первых, технологию рецикла смешанного топлива, во-вторых, решение проблемы долгосрочного захоронения отходов. Во многом эти проблемы связываются с накоплением в ОЯТ плутония-241, удельная радиотоксичность которого в 40 раз выше радиотоксичности изотопа плутония-239. Плутоний-241 превращается в еще более токсичный америций-241 (распад — 4330 лет), вносящий основной вклад в радиотоксичность трансурановых элементов отработавшего топлива после распада короткоживущих продуктов деления.</p>
<p>10. «Преимущества реакторов на быстрых нейтронах не представляют интереса в краткосрочной перспективе... Важно продолжить исследования в области реакторов на быстрых нейтронах, которые в конечном счете заменят ныне существующие» (с. 112).</p>	<p>Замечание Б. Комби, что реакторы на быстрых нейтронах «не представляют интереса в краткосрочной перспективе», означает, скорее всего, признание того, что их эксплуатация пока опасна и экономически невыгодна. По некоторым расчетам стоимость атомного уран-плутониевого топлива, которое получается в результате рециклинга («регенерации») в 4,5 раза выше</p>

стоимости свежего уранового топлива. Стоимость электричества, полученного на бридерах, заметно выше средней стоимости атомного электричества.

Атомщикам хочется, конечно, «*продолжать исследования*». Пусть они это делают на собственные средства и не используют для этого деньги налогоплательщиков (которые лучше бы направить на заведомо менее опасные способы получения энергии, чем атомные). Если хотя бы половина средств государственной поддержки атомных исследований была бы направлена на развитие альтернативных энергоисточников, об опасной атомной энергетике можно было бы забыть через 15–20 лет.

Видный японский атомщик Koide Hiroaki расположил на графике по годам временные рамки официальных планов практического использования бридеров в Японии [10]. Все пять прогнозов перехода атомной энергетике к широкому использованию бридеров за последние 40 лет остались невыполненными. Какая может быть вера атомщикам по поводу выполнения последнего прогноза (практического освоения бридеров к 2050 г.)?

Похоже, что все легкодоступные запасы урана иссякнут прежде, чем бридеры смогут заменить существующие реакторы на медленных нейтронах.

Источники

1. Белоярская АЭС. Справка. 2010//www.anti-atom.ru/ab/node/1932.
2. Острецов И.Н., Волков В.И. 2009. Почему надежды на бридеры не сбылись. 06.11.//<http://proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=2020>.
3. Сливяк В., Пискунов М.А., Подосенова О., Торопов А. 2010. Российская плутониевая программа. Экозащита! М. 56 с; <http://anti-atom.ru/downloads/pureport2009-2010/pdf>.

4. Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI века. Основные положения. М.: Министерство РФ по атомной энергии, 27 с.
5. Яблоков А.В. 2000. Миф о безопасности атомных энергетических установок. М.: Центр экологической политики России. 88 с.
6. Решетников Ф. Г. 2000. Некоторые аспекты проблемы утилизации избыточного оружейного плутония в России//Вестн. РАН. Т. 70. № 2. сс. 117–128.
7. Иванов Б.К. 1997. Неопознанное аномальное явление в реакторе БН-600. Радиационная безопасность Урала и Сибири: матер. науч.-практ. Конф. 18 сентября 1997 года. Екатеринбург. сс. 9–11.
8. Журнал «Спектатор»//<http://sectator.livejournal.com/profile>.
9. Кузнецов В. М. 2003. Ядерная опасность. Основные проблемы и современное состояние безопасности предприятий ядерного топливного цикла Российской Федерации. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд. ЭПИЦентр, 462 с.
10. Koide Hiroaki. 2011. The Tzuth Abaut Nuclas Power: Japanese Nuclear Engineer calls for Abolition//The Asia-Pacific J., Vol. 9. №31/5; <http://jananfocus.org/-Koide-Hiroaki/3582>.

Глава 14. Французская атомная энергетика — самая эффективная и безопасная

Во Франции доля атомного электричества составляет более 75 % — самый большой показатель в мире. Это связано, однако, не с экономическими или соображениями безопасности, а с тем, что, как пишет Б. Комби: «В 1945 г., когда генерал де Голль основал STF (Комиссию по атомной энергии Франции), он руководствовался главным образом военно-стратегическими соображениями» (с. 162). На свой атомно-оружейный комплекс Франция потратила, по-видимому, триллионы долларов. Атомная энергетика Франции (которая тесно связана с программой ядерного вооружения страны [1]) получила колоссальное субсидирование. Известно, например, что Франция даже кредитовала строительство АЭС в Испании, для того чтобы получать оттуда ОЯТ для выделения плутония. Скрытые государственные расходы на атомную энергетiku во Франции, по данным Гринпис, составили к началу 90-х годов около 30 млрд долларов. Секретность, окружающая атомную энергетiku Франции, сравнима разве что с секретностью атомной отрасли в бывшем СССР или современной Индии.

ЗА атомную энергетiku	Комментарии оппонентов
<p>1. «...за 30 лет эксплуатации атомных электростанций в стране не произошло ни одной серьезной аварии... никакого увеличения радиации или заболеваемости раком вблизи французских атомных электростанций по сравнению с другими местами Франции или другими странами с меньшим количеством атомных станций не наблюдалось» (с. 168).</p>	<p>Говоря, что во Франции «не произошло ни одной серьезной аварии», Б. Комби лукавит. Одна из крупных аварий в мировой атомной индустрии произошла именно во Франции: на АЭС «Сен Лорен» в 1969 г. в результате ошибки при загрузке реактора произошло расплавление около 50 кг топлива. По официальным данным, радиация не вышла за пределы АЭС (событие 4-го уровня по шкале МАГАТЭ), по другим данным, за пределы АЭС вышло незначительное количество радионуклидов (активностью 8×10^{10} Бк [2]).</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>Аварии, происшествия, вызывающие внеплановые остановки реакторов во Франции, происходят регулярно. Ежегодно на ядерных объектах Франции происходит более 100 инцидентов (о большинстве которых становится известно лишь спустя какое-то время).</p> <p>Вот некоторые за последние годы:</p> <ul style="list-style-type: none"> — заклинивание топливных сборок при перегрузке топлива на АЭС «Трикастен» (в 2008 г., когда 45 человек получили дополнительное облучение, и в 2009 г.), на АЭС «Гравлин» (2009), на АЭС «Ножан» (1999); — взрыв и пожар на первом блоке АЭС «Трикастен» (июль 2011 г.). <p>В июле 2008 г. на заводе по производству ядерного топлива в Изэре произошла утечка урансодержащей жидкости. Агентство ядерной безопасности Франции тогда заявило: «...утечка не представляет никакой угрозы для окружающей среды, так как содержание урана очень низкое, порядка нескольких сот граммов... далеко от грунтовых вод». Однако надо иметь в виду, что несколько сот граммов урана способны опасно загрязнить тысячи, если не миллионы тонн почво-грунтов. В том же месяце на другом заводе по производству атомного топлива «Срокатри» в Трикастене также произошла утечка (30 м³) урансодержащей жидкости. В результате в трех округах департамента Воклюз были введены ограничения на потребление воды, рыбную ловлю и купание в реках Гаффьер и Лозон. В</p>

официальных сообщениях опять же появилась успокоительная информация о том, что содержание урана было «всего» 12 г. на литр. Однако простой расчет показывает, что в окружающую среду попало 360 кг урана! На заводе по производству атомного топлива уран должен быть уже обогащенным по изотопам урана-235 до 3–4 %. Это означает, что в 360 кг урана могло содержаться 7–15 кг урана-235. Если вспомнить, что для атомной бомбы надо 45 кг урана-235, получается, что утекла треть атомной бомбы!

За словами об успехах атомной энергетики Франции проходят незамеченными такие факты, как, например:

— в последние годы бывают периоды, когда одновременно треть французских реакторов не работает (из-за ремонта, перегрузки топлива или по другим причинам);

— начиная с 2007 г. Франция импортирует электроэнергию в пиковые часы (по причине недостаточной маневренности реакторов АЭС);

— в засушливые годы не хватает воды для охлаждения атомных реакторов;

— в жаркую погоду неоднократно происходило отключение реакторов или снижение их мощностей (чтобы не допустить опасного перегрева рек).

Высказывание Б. Комби «никакого увеличения радиации или заболеваемости раком вблизи французских атомных электростанций... не наблюдалось» опровергнуть трудно, поскольку исследований такого рода, по-видимому, во Франции просто не проводилось (или

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>о них не было открытых публикаций). Но вокруг атомного комплекса по переработке отработавшего ядерного топлива на мысе Ля-Аг (Нормандия) отмечено многократное увеличение детской лейкемии. Здесь была обнаружена статистически достоверная корреляция заболеваемости лейкемией со временем нахождения в прибрежной полосе и потреблением морских продуктов (несомненное влияние радиоактивных выбросов атомного комплекса в океан и/или атмосферу) [4].</p>
<p>2. «В пересчете на 1 кВт · ч электричества, произведенного благодаря ядерной энергии, только за 20 лет, с 1973 по 1993 г. атмосферное загрязнение (углекислый газ, диоксид серы и окислы азота) уменьшилось во Франции в десять раз» (с. 168).</p>	<p>Такое уменьшение атмосферного загрязнения произошло не только во Франции, но и в большинстве западноевропейских стран, в том числе и в тех, где мало развита (или вообще не развита) атомная энергетика. Это произошло из-за строительства более совершенных тепловых электростанций, из-за перевода энергетики с угля на газ, из-за установки более совершенных очистных сооружений. Так, в Германии (где атомного электричества в несколько раз меньше, чем во Франции) выбросы окислов серы на каждый произведенный кВт сократились в период 1980–1991 гг. в 10 раз (с 5 до 0,5 г), а во Франции эти выбросы максимально сократились к 1988 г. только в 4,5 раза (с 3,6 до 0,8 г), после чего вновь стали расти [2]! Поэтому утверждение Б. Комби, что загрязнение воздуха химическими веществами произошло «благодаря ядерной энергии», некорректно.</p>

3. «Прямые продажи электроэнергии соседним странам приносят Франции более 2 миллиардов евро... ежегодно...» (с. 169).

Начиная с 2007 г. Франция импортирует электроэнергию в пиковые часы (по причине недостаточной маневренности ядерных реакторов). В 2010 г. Франция импортировала из Германии много больше энергии, чем туда поставляла: из Германии во Францию 16,1 ТВт · ч, из Франции в Германию — 9,4 ТВт · ч [5].

Напомню, что стоимость атомного электричества во Франции искусственно занижена благодаря колоссальным скрытым государственным субсидиям. Одно только искусственное ограничение страховых взносов существенно снижает цену атомного электричества.

Оптимизм в отношении французской атомной энергетики, который источает Б. Комби, понятен: издавляка французская атомная энергетика выглядит образцом решения энергетической проблемы. Но насколько эта глянцевая картина соответствует фактам? Если прекратить прямые и косвенные государственные дотации атомной индустрии, если честно учесть все расходы (включая хранение и захоронение радиоактивных отходов, разборку отслуживших АЭС и др.), цена атомного электричества во Франции была бы выше, чем цены электричества, произведенного на тепловых и ветряных станциях. Аварий и инцидентов на французских АЭС, если и меньше, чем в других странах, то не на много. А после катастрофы на японской АЭС «Фукусима Дайичи» в марте 2011 г. и общественное мнение быстро меняется не в пользу атомного электричества: опрос в июне 2011 г. показал, что три четверти французов хотели бы избавиться от атомной энергетики.

К 2020 г. Франция официально планирует получать из возобновляемых источников до 23 % энергии. Как часть этого плана в июле 2011 г. правительство выделило 10 млрд евро на программу строительства пяти прибрежных ветряных ферм, общей мощностью до 3 ГВт. В эти же дни впервые во Франции был опубликован как один из возможных сценариев развития энергетики в этой стране полный отказ от атомной энергетики к 2040–2050 гг. [6]

Источники

1. *Сутягин И.* 1996. Ядерный оружейный комплекс Франции//Зарубежное военное обозрение. №1 (586). сс. 12–19.
2. *Соловьев С.П.* (ред.). 1992. Аварии и инциденты на атомных станциях: Уч. пос. Обнинск: Обнинский институт атомной энергетики, 299 с.
3. *Яблоков А.В.* 1997. Атомная мифология: Заметки эколога об атомной индустрии. М.: изд-во Наука, 272 с.
4. *Pobel D., Viel J.-F.* 1997. Case-control study of leucemia among young people near LaHague nuclear reprocessing plant: the environmental hypothesis revisited//Bri. Med.J. Vol. 314. P. 101–106.
5. *Обозреватель.* 2011.6.06. Рекордная жара ударит по атомной энергетике Франции//<http://www.obozrevatel.com/health/rekordnaya-zhara-udarit-poatomnoj-energetike-frantsii.htm>.
6. France considers full nuclar exit option by 2040-2050.2001. Energy Market price bill. July 12//http://www.energymarketprice.com/trialreports/en/newsletter_july_12_2011.pdf

Глава 15. Наступает «атомный ренессанс»

Начиная с конца XX в., атомщики стали говорить о возрождении атомной энергетики, темп развития которой резко сократился после катастроф на АЭС «Три Майл Айленд» и Чернобыльской. По существовавшим до этих катастроф планам к 2000 г. в мире прогнозировалось 2 тыс. атомных блоков (которые давали бы 25–45 % мировой электроэнергии). В реальности к 2000 г. было 440 работающих блоков (13 % электроэнергии), продолжалось строительство 30, прекращено строительство 120 и 98 реакторов были навсегда остановлены.

К 2010 г. число строящихся АЭС в мире увеличилось вдвое — наступил, по словам атомщиков, «атомный ренессанс». Так ли?

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>1. <i>«...в XXI столетии... происходит возрождение атомной энергетики»</i> (с. 221)</p>	<p>На первый взгляд Б. Комби прав — в первом десятилетии XXI в. во многих странах <i>«происходит возрождение атомной энергетики»</i>: к марту 2011 г. 60 энергоблоков строились, были утверждены планы строительства (до 2030 г.) еще 158 атомных энергетических блоков, и обсуждались возможности строительства еще более чем 300 атомных энергоблоков [1].</p> <p>Доля АЭС в мировом производстве электроэнергии быстро росла: от 5 % в 1975 г. до 16 % в 1986 г. После 1986 г. этот прирост резко замедлился. Доля атомного электричества достигла пика (18 %) в 1993–1995 г., после чего началось снижение: 16 % — в 2000 г., 13 % — в 2010 г.</p> <p>В мировом коммерческом энергобалансе доля атомного электричества в 2010 г. составила около 3 %. Для того чтобы к 2050 г. увеличить долю атом-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>ной энергии в общем производстве энергии в мире и иметь 2 тыс. атомных блоков (как планируют атомщики), надо уже сейчас вводить новую АЭС каждые две недели. Этого даже близко нет — за последние годы вводилось в строй по одному атомному блоку в год.</p> <p>После катастрофы с тремя атомными блоками и бассейном отработавшего топлива на японской АЭС «Фукусима Дайичи» в марте 2011 г. разговоры о «ренессансе» прекратились: заголовок редакционной статьи в журнале «Шпигель» в июне 2011 г. хорошо отразил это настроение: <i>«Конец атомного сумасшествия»</i>. Сразу наметилась тенденция выхода из атомной отрасли крупнейших промышленных компаний. В сентябре 2011 г. многие информагентства мира среди самых важных новостей сообщили о том, что немецкий концерн «Сименс» выходит из атомного бизнеса. А через неделю аналогичное сообщение появилось и по второй по величине энергетической компании Великобритании [2].</p>
<p>2. «В странах Азии... строятся новые станции (особенно в Японии, Китае, Индии, Южной Корее, Таиланде и Индонезии» (с. 221).</p>	<p>И Таиланд, и Индонезия под давлением обеспокоенных японской атомной катастрофой на Фукусиме граждан обсуждают планы отказа от строительства АЭС. Японии после Фукусимы замораживает развитие атомной энергетики. В Индии в результате массовых протестов правительство штата Тамил-Наду в сентябре 2011 г. приняло решение отложить ввод двух уже построенных «Росатомом» блоков АЭС</p>

	<p>«Куданкулам». Эта АЭС построена в цунамиопасной зоне, ее тепловые сбросы несут угрозу прибрежному рыбловству, а в случае аварии нет возможности быстро эвакуировать около миллиона человек, проживающих в непосредственной близости [3]. Массовый протест вызывает строительство и других АЭС в Индии.</p> <p>Китай, намечавший строительство десятков атомных блоков в ближайшие 30 лет, пересматривает эти планы в сторону уменьшения.</p> <p>Правда, Вьетнам подтвердил намерение построить (с помощью Японии) свою первую АЭС, и Бангладеш, Турция и Беларусь заключили соглашения с Россией о строительстве атомных блоков.</p>
--	---

Итак, с 2006 г. абсолютное производство атомной энергии в мире падает, снижается и доля атомного электричества в общем производстве электричества. И реальных оснований для изменения этих тенденций не просматривается. В Италии подавляющее большинство граждан, принявших участие в референдуме в апреле 2011 г., сказали «нет» атомной энергетике. В 2011 г. официально отказались от развития атомной энергетике Германия, Швейцария, Бельгия и Мексика (в прошлые годы аналогичные решения были приняты Швецией и Испанией). В США много говорят о строительстве новых реакторов (и для этого даже выделено 50 млрд долларов государственных субсидий), но пока строительство ни одного нового реактора так и не начато. Всех строящихся и планируемых к строительству коммерческих атомных реакторов в Индии, Китае, России, Украине, Финляндии, Турции, Египте, Эмиратах и Иране не хватит, чтобы сохранить на том же уровне общее число реакторов в мире после предстоящего в ближайшие 10–15 лет вывода из эксплуатации немецких, шведских, швейцарских и испанских АЭС и закрытия старых блоков АЭС, окончательно выработавших свой ресурс в США, Великобритании, Франции, России и других странах.

По последнему прогнозу Международного энергетического агентства [4] атомного электричества в мире к 2035 г. будет производиться меньше на 15 %, чем в начале 2011 г. (соответственно 339 ГВт против современных 693 ГВт).

Говоря об «атомном ренессансе», атомщики выдают желаемое за действительное. Известный антиядерный активист Г. Лукашин из Снежинска написал мне: *»...не могу представить, что современники называли бы свою эпоху ренессансом. «Возрождением» эпоху назвали потомки»*. Уверен, что потомки не назовут наше время «атомным ренессансом».

Источники

1. Атомный ренессанс попал под Фукусиму. 2011. // <http://finmarket.ru/z/nws/hotnews.asp?id=1985607>.

2. *Bawden T.* 2011. SSE ditches nuclear power for gas, wind and biomass. The Independent, 24 September // <http://www.independent.co.uk/news/business/news/sse-ditches-nuclear-power-for-gas-wind-and-biomass-2360140.html?>

3. Массовые акции протеста заставляют индийские власти отказаться от АЭС, построенной «Росатомом» // Пресс-релиз группы «Экозащита!». 22 сентября 2011 // <http://www.anti-atom.ru>.

4. *Gloystein H.* 2011. IEA draft: Nuclear to fall as power demand // Reuters. Nov. 4 (London) // <http://blogs.reuters.com/search/journalist.php?edition=us&n=henning.gloystein&>.

Глава 16. О «принципе естественной изменчивости»

Б. Комби выдвигает «принцип естественной изменчивости» для оправдания приемлемости развития атомной индустрии.

Рассмотрим, как это теоретическое обоснование малой опасности от последствий развития атомной индустрии соотносится с фактами.

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p>1. <i>«Деятельность человека или промышленное развитие допустимы, если сохраняется природное равновесие как в локальном, так и, глобальном масштабе»</i> (с. 94).</p>	<p>Эти требования Б. Комби о <i>«сохранении природного равновесия»</i> нереальны: развитие человечества всегда нарушало <i>«природное равновесие»</i>, изменяя направление естественных потоков вещества и энергии. Привлекательная идея <i>«устойчивого развития»</i>, выдвигнутая в 1992 г. на Генассамблее ООН в Рио-де-Жанейро, оказалась всего лишь мечтой. Она оказалась несостоятельной под напором, в том числе и атомной индустрии, необратимо меняющей биосферу созданием и распространением радионуклидов, которых сотни миллионов лет не было на поверхности Земли и которые теперь широко распространены и будут существовать столетия и тысячелетия.</p> <p>О каком сохранении локального <i>«природного равновесия»</i> можно говорить для многих тысяч квадратных километров площадей, нарушенных добычей урана в Сибири, Казахстане, Австралии, Канаде, Африке? Для огромных территорий навечно загрязненных долгоживущими радионуклидами от Чернобыльской и Фукусимс-</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
	<p>кой атомных катастроф? Для экосистем водоемов, используемых для забора воды и охлаждения АЭС? О сохранении какого глобального равновесия можно говорить после выброса в атмосферу колоссальных количество криптона-85, изменяющего ее электропроводность?</p>
<p>2. <i>«Они (деятельность человека и промышленное развитие. — А.Я.) также допустимы и до тех пор, пока природные ресурсы планеты используются без существенных изменений окружающей среды»</i> (с. 94).</p>	<p>Это требование Б. Комби (использование природных ресурсов «без существенных изменений окружающей среды») практически неосуществимо: использование людьми природных ресурсов, как правило, вносит «существенные» изменения в окружающую среду. Электропроводность атмосферы Земли увеличилась многократно в результате появления в ней криптона-85 — продукта деятельности атомной индустрии и непосредственно самих АЭС. Последствия глобального многократного увеличения содержания плутония в биосфере (тоже результат деятельности атомной индустрии), возможно, одна из причин растущей повсеместно раковой заболеваемости.</p>
<p>3. <i>«Отклонения допустимы, только если они ограничены во времени и в пространстве»</i> (с. 94).</p>	<p><i>«Ограниченные во времени и пространстве»</i> изменения окружающей среды людьми в разных местах планеты неизбежно складываются в тотальное изменение биосферы. Изменения, вносимые атомной индустрией, особенно опасны: они насыщают биосферу чуждыми радионуклидами (в том числе глобальными и вечными), они поворачивают вспять ход развития биосферы</p>

	<p>(увеличивая общую радиоактивность планеты). Эти изменения особенно опасны тем, что они невидимы, без цвета и запаха и поэтому не вызывают естественного беспокойства.</p>
<p>4. «Любое вызванное человеческим вмешательством изменение окружающей среды признается «неестественным», если оно превышает природные изменения одного и того же параметра от места к месту и/или от одного периода времени к другому» (с. 94).</p> <p>5. «...если некоторый параметр локально удвоится или даже увеличится десятикратно, такое изменение не повлияет чрезмерно на окружающую жизнь, поскольку в природе пределы естественного изменения этого параметра много больше» (с. 94).</p>	<p>Эти «теоретические» положения, сформулированное Б. Комби, не только неверны, но и опасны. Далеко не все естественные изменения безопасны. В окрестностях вулканов, например, концентрация серы такая, что может убить человека. В естественных гейзерах температура воды может быть опасно высокой для любой жизни. Да и вокруг нас в самых обычных условиях, если зимой (или летом) средняя месячная температура станет на несколько градусов выше или ниже (что много меньше различия между температурой разных сезонов), наступает природная катастрофа.</p> <p>Очевидная нелепость безопасности в пределах «естественного изменения параметра» нужна Б. Комби, чтобы теоретически оправдать безвредность стократного антропогенного увеличения радиоактивности (такого масштаба изменения естественного радиационного фона есть в природе — это участки с многократно повышенным уровнем природной радиации в Индии, Бразилии и некоторых других странах).</p>
<p>6. «Именно так обстоит дело с радиоактивностью и ионизирующей радиацией, которые могут изменяться в природе в десятки и сотни, а иногда и до тысячи раз</p>	<p>Скорее всего, ради этого вывода («Локальное и временное удвоение уровня радиоактивности или увеличение ее даже в десять раз является вполне допустимым») и придуман Б. Комби «принцип естественной изменчивости».</p>

ЗА атомную энергетику	Комментарии оппонентов
<p><i>от одного места к другому в зависимости от почвы, высоты местности и даже от погоды. Локальное и временное удвоение уровня радиоактивности или увеличение ее даже в десять раз является вполне допустимым» (с. 93).</i></p>	<p>При сопоставлении многократно увеличенного кое-где (по сравнению со средним уровнем для поверхности планеты) уровня естественной радиоактивности с увеличенным антропогенным уровнем радиоактивности принципиальное значение имеет возможность постепенного и длительного приспособления живого к увеличенному в данной местности уровню облучения. В природе, в естественных условиях, популяции живых организмов (и человека) имели время (поколения) для естественного отбора менее радиочувствительных особей.</p> <p>Быстрое десятикратное увеличение даже природной радиоактивности в любом месте обязательно скажется на состоянии и поведении живых существ (хотя и не приведет к их непосредственной гибели).</p> <p>Другое дело — чужеродные радионуклиды, которых не было в значимых количествах в биосфере на протяжении последних десятков миллионов лет эволюции. Десятикратное увеличение концентрации, например, плутония или радиоактивного йода обязательно проявится уже в жизни первого поколения дополнительными заболеваниями. Не исключено, кстати, что наблюдаемое повсеместно в мире в последние десятилетия учащение раковой заболеваемости связано с антропогенными радионуклидами (разные изотопы плутония, цезий-137, стронций-90, америций и др.), ранее отсутствовавшими в скольнибудь заметных количествах в биосфере, а теперь широко распространенными.</p>

<p>7. «Общая радиоактивность, содержащаяся в действующих сегодня атомных электростанциях, представляет всего лишь одну миллионную часть от одной миллионной части 1 % всей естественной радиоактивности планеты» (с. 95).</p>	<p>От того, что <i>«общая радиоактивность»</i> более чем 280 тыс. т накопленного в мире отработанного ядерного топлива и десятка тыс. тонн атомного топлива в реакторах действующих АЭС добавляет микроскопическую долю к естественной радиоактивности Земли, не делает атомную индустрию безопасной для человечества и живой природы. Конечно, все, вместе взятые, антропогенные радионуклиды пока безопасны для земной коры и для планетарной массы. Но для той тончайшей пленки <i>«живого вещества»</i> (В.И. Вернадский), которую мы называем <i>«биосфера»</i>, генерируемая атомной индустрией новая радиоактивность, — опасна. Подробнее о значении изменения малых величин (триггерном эффекте и др.) см. гл. 10.</p>
<p>8. «В соответствии с таким «естественным принципом» гражданская атомная энергетика является приемлемой, поскольку она не изменяет значимо никакой из относящихся к окружающей среде параметров» (с. 94).</p>	<p><i>«Гражданская атомная энергетика»</i> произвела в своих атомных реакторах огромное количество радионуклидов, которых не было вообще (или были в остаточных количествах) в биосфере Земли в последние сотни миллионов лет, и намерена производить их и дальше, необратимо меняя биосферу Земли. Считать это <i>«приемлемым»</i> — невозможно.</p> <p>Кстати, по аналогии с <i>«естественным принципом»</i> Б. Комби можно признать приемлемыми пытки людей, поскольку они <i>«не изменяют значимо»</i> общее количество человеческих страданий, как <i>«не изменяет значимо»</i> искусственная радиоактивность общую радиоактивность Земли как планеты.</p>

Предложенный Б. Комби «принцип естественной изменчивости» (приемлемости антропогенных изменений окружающей, если они не превосходят наблюдающихся в природе изменений) не соответствует ни методологии, ни логике научного познания мира и не принимает во внимание реальных фактов. Эта искусственная псевдотеоретическая конструкция придумана единственно для «теоретического» оправдания развития опасной для человека и природы атомной индустрии.

* * *

Все рассмотренные в третьей части книги распространенные аргументы атомщиков в защиту атомной энергетики не дают оснований для того, чтобы считать получение электричества с помощью атомных реакторов имеющим какие-то важные неоспоримые преимущества. То, что атомщики считают все положения, рассмотренные в главах 8–15, постулатами (т. е. принимают их за очевидные истины), знаменует собой бесперспективность атомной индустрии в той форме, в какой она существует в наши дни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эта небольшая книга — анализ распространенных аргументов защитников развития атомной энергетики. Многократно изданная в нескольких странах книга Бруно Комби «Защитники природы ЗА атомную энергию» позволила в форме заочного диалога сопоставить точки зрения проponentов и оппонентов атомной энергетики.

В этой заочной полемике я использовал, конечно, далеко не все данные, и, несомненно, у атомщиков найдутся какие-то контраргументы к моим доводам о неприемлемой опасности развития атомной энергетики.

В интересах безопасного развития человечества диалог между сторонниками и противниками атомной энергетики должен быть расширен и продолжен. Аргументы противников атомной индустрии должны быть услышаны политиками, лицами, принимающими решения, которые до сих пор слишком часто слышат от атомщиков аргументы «ЗА», но не слышат аргументов «ПРОТИВ». Надо добиться того, чтобы никто из лиц, принимающих решения о поддержке развития атомной энергетики, не мог бы говорить (как это часто делается в наши дни): «Я не знал».

Заканчиваю этот заочный диалог с атомщиками словами английского писателя-философа О. Хаксли: *«Как современный Прокруст, ученый-атомщик готовит ложе, на которое он предлагает уложить человечество; и если места для него окажется мало, то человечеству не поздоровится. Кем-то придется пожертвовать, кому-то потесниться»*. (Перевод Е. Сафонкиной) [1]. Чтобы не оказаться этой жертвой и не «тесниться», надо чтобы побольше землян активно возражали против действий атомщика-Прокруста.

1. *Huxley A.* 2005. (1946). *Brave New World and Brave New World Revisited*. First Perennial Classics ed. N.Y.: Harper — Collins Publ, 144 p.: <http://www.wealthandwant.com/auth/Huxley.html>.

ПРИЛОЖЕНИЕ

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Таблица 1

Некоторые ядерные и радиационные аварии на атомных судах и подводных кораблях СССР/России

(Яблоков А.В. Миф о безопасности атомных энергетических установок.
М.: Центр экологической политики России. 2000, табл. 5, 6)

Годы	АПЛ, ледокол	Характер аварий
1960–1969	К-8, К-19, К-52, К-14, К-3, Л-151, К-11, К-33, К-5, а/л «Ленин» К-8, К-27, К-40, К-42, К-166	Три ядерные и 16 радиационных аварий (разрыв первого контура, течь парогенераторов, деформация ТВС, разрушение аварийной защиты, разгерметизация ТВЭЛов др.)
1970–1979	К-320, К-8, К-23, К-56, К-116, К-90	Две ядерные и четыре радиационные аварии (несанкционированный пуск реактора, негерметичность реактора, течь теплоносителя — расплав активной зоны, течь первого контура, и др.)
1980–1986	К-45, К-222, К-123, К-94 К-184, К-508, К-47, К— 367, К-431, К-431, К-175, К-59, К-55	Пять ядерных и 11 радиационных аварий (несанкционированный выход реактора на мощность, расплав активной зоны, СЦР и тепловой взрыв, течь первого и третьего контуров и др.)
1988–1998	А/л «Россия», К-192, К-94, а/л «Арктика»	Ядерная и пять радиационных аварий (расплав активной зоны реактора, разгерметизация крышки реактора, течь первого контура и др.)

Таблица 2

Наработка плутония в реакторах разной мощности за год работы
 (Яблоков А.В. Неизбежная связь атомной энергетики с атомным оружием:
 2005//http://www.bellona.ru/reports/yablokov)

Реактор (мощность, Мвт)	Плутоний, кг/год	Страна
Тяжеловодный графитовый (30 t)	8	Северная Корея
Тяжеловодный CIRUS (40 t)	9	Индия
Тяжеловодный Kushab (50 t)	12	Пакистан
Тяжеловодный DHRUVA (100 t)	25	Индия
Тяжеловодный (100 t)	40	Израиль
Лёгководный ВВЭР-1000 (1000 е)	230	Иран

*t — тепловая мощность; е — электрическая мощность.

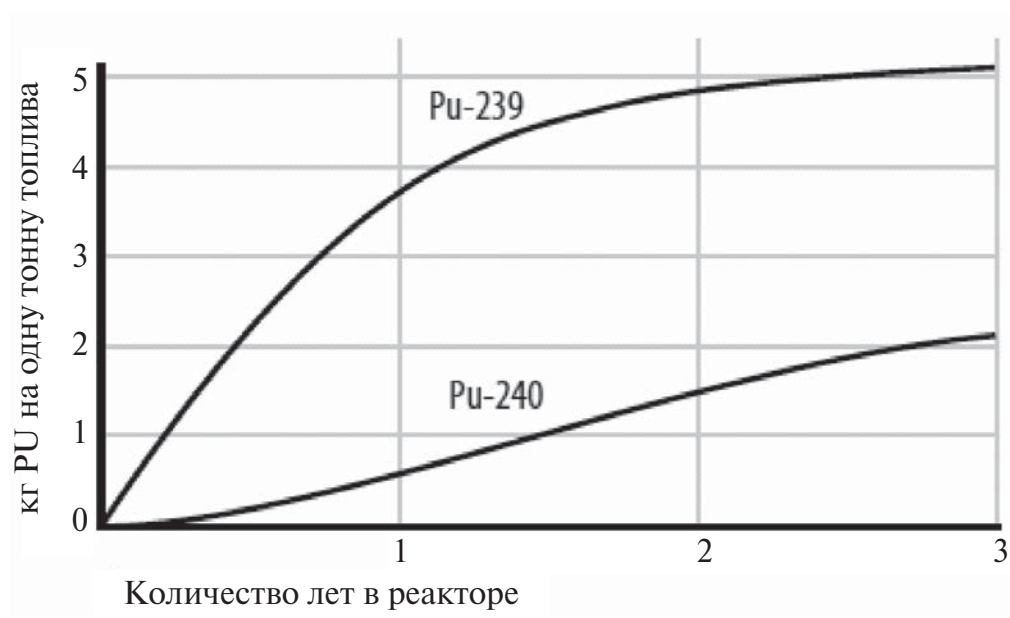


Рис. 1. Динамика накопления плутония-239 и плутония-240 в топливе типичного легководного реактора в течение трех лет (см.: Carson M. 1993. Explosive properties of reactor-grade plutonium. Science and Global Security. Vol. 4. P. 111–128)

Таблица 3

Оценка возможностей нелегального создания атомного оружия
(Пономарев-Степной Н.Н. и др. 2008. Нераспространение и атомная энергетика. Изд. АТ, М., 148 с.).

Исходный материал	Время	Стоимость	Скрытность	Доступность	Сумма рисков
ВОУ	1	1	1	1	1
Плутоний (оруж.)	1–4	2–20	0,1–0,9	0,01–0,5	0,01
Плутоний (энерг.)	1,5–10	5–60	0,2–20	0,1–100	0,80
НОУ	1,5–15	3–100	10–200	10–2500	55,9

Примечание: За единицу сравнения принята возможность создания ядерного взрывного устройства на основе высокообогащенного урана (ВОУ).

Таблица 4

Основные радионуклиды в биосфере и их происхождение

Радионуклид	Источник
Естественные радионуклиды	
Водород-3 (тритий), бериллий-7, углерод-14, натрий-22	Космическое излучение
Фосфор-33, калий-40, рубидий-86, цезий-137, свинец-210, радон-222, радий-210, -226 и -228, торий-232, уран-235 и -238	Земная кора
Антропогенные радионуклиды	
Тритий, углерод-14, марганец-54, железо-55, цинк-65, криптон-85, стронций-89, стронций-90, рутений-106, йод-131, цезий-137, барий-140, церий-144, плутоний-238, 239, -240 и -241, америций-241	Испытания и применение ядерного оружия

Окончание

Тритий, углерод-14, марганец-54, серебро-110, кобальт-58 и -60, криптон-85, сурьма-124 и -125, иод-129 и -131, ксенон-133 и -135, цезий-134 и -137	Ежедневные выбросы и сбросы АЭС
Марганец-54, кобальт-58 и -60, криптон-85, стронций-90, рутений-103 и -106, родий-106, серебро-110, сурьма-125, цезий-134 и -137, церий-144, празеодим-144, плутоний-238, -239 и -240, америций-241	Отработавшее ядерное топливо
Стронций-90, рутений-103 и -106, родий-106, цезий-134 и -137, иод-131, плутоний	Ядерные техногенные аварии

Таблица 5

**Усредненные объемы выброса углекислого газа
(грамм CO₂ на кВт произведенного электричества) в атмосферу разными
источниками электроэнергии (включая строительство, добычу топлива,
эксплуатацию АЭС, переработку отходов и разборку электростанций)
(Sovacool B.K. Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: a critical
survey//Energy Policy. 2008. Vol. 36. P. 2940–2953)**

Генерация	Выбросы CO ₂
Ветростанции	9–10
Гидростанции	10–13
На биотопливе	11–41
Солнечные (термальные)	13
Солнечные (фото)	32
Геотермальные	38
Атомные	66
Газовые	443–664
Генерация	778
Угольные	960–1050

Выбросы углекислого газа [грамм · кВт (э)] на разных этапах жизненного цикла АЭС
 (по данным 103 расчетов разными авторами см.: *Sovacool B.K.*
Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: a critical survey//
Energy Policy. 2008. Vol. 36. P. 2940–2953)

Этап	Среднее	Мин. — макс.
Frontend ¹	25,1	0,6–118
Строительство АЭС ²	8,2	0,3–35
Работа АЭС ³	11,6	0,1–40
Backend ⁴	9,2	0,4–41
Декомиссия ⁵	12,0	0,01–54
Всего	66,1	1,4–288

¹ Добыча, обогащение, конверсия и обогащение урана, изготовление топлива и транспорт.

² Включая материалы и затраты энергии.

³ Включая энергию, необходимую для жизнеобеспечения станции, перезагрузки и охлаждения топлива, работу генераторов при остановках.

⁴ Переработка ОЯТ, временное и долгосрочное хранение ОЯТ и РАО.

⁵ Разборка станции «до зеленой лужайки».

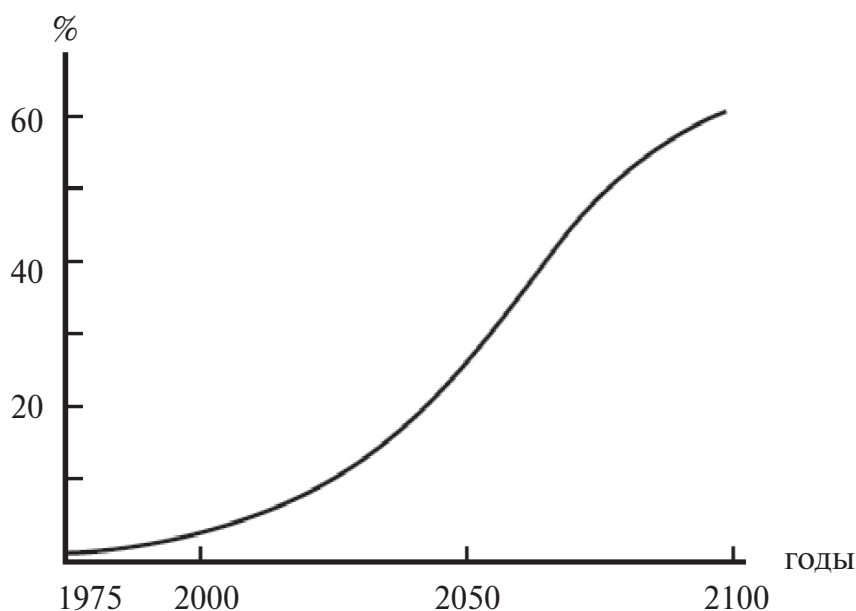


Рис. 2. Прогнозируемое изменение электропроводности земной атмосферы из-за выбросов криптона-85 предприятиями ядерно-топливного цикла (% к уровню начала 80-х годов) при дочернобыльских темпах развития атомной энергетики (*Легасов В.А., Кузьмин И.И., Черноплектов А.Н.* 1984. Влияние энергетики на климат/ Изв. АН СССР. Сер. Физика атмосферы. Т. 20. № 11, сс. 1089–1103)

Таблица 7

Примерное соотношение затрат в атомной индустрии
(по данным разных авторов)

Направление расходов*	Относительная стоимость, %
Разведка и добыча урана	1
Производство топлива	9
Проектирование и строительство АЭС	11
Эксплуатация**	4
Переработка и хранение РАО, разборка АЭС	75

*При цене урана 40 долл./фунт.

**При эксплуатации в течение 40 лет.



Рис. 3. Мировой чистый рост возобновляемых источников и атомной энергии (ГВт) в 1990—2010 гг. (см.: Фрогатт Э., Шнайдер М. Энергетические стратегии будущего: препятствует ли атомная энергия необходимым системным реформам? // Сливяк В. (ред.). Мифы об атомной энергии. Почему развитие атомной энергетики ведет нас в тупик. М.: Фонд имени Генриха Бёлля, 2011. С. 95, рис. 10)

GWe

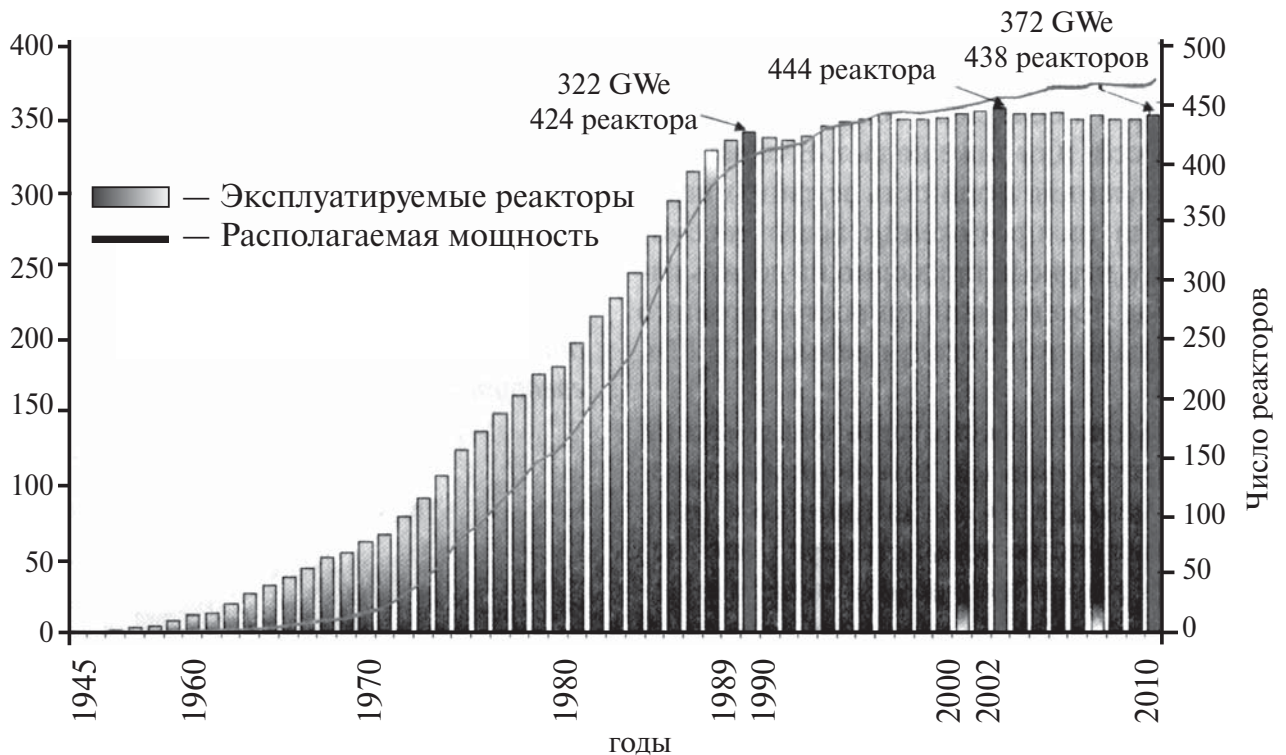


Рис. 4. Динамика числа и мощности (ГВт) энергетических атомных реакторов в мире в 1954–2010 гг. (см.: Фрогатт Э., Шнайдер М. Энергетические стратегии будущего: препятствует ли атомная энергия необходимым системным реформам? // Сливяк В. (ред.). Мифы об атомной энергии. Почему развитие атомной энергетики ведет нас в тупик. М.: Фонд имени Генриха Бёлля, 2011. С. 95, рис. 9)

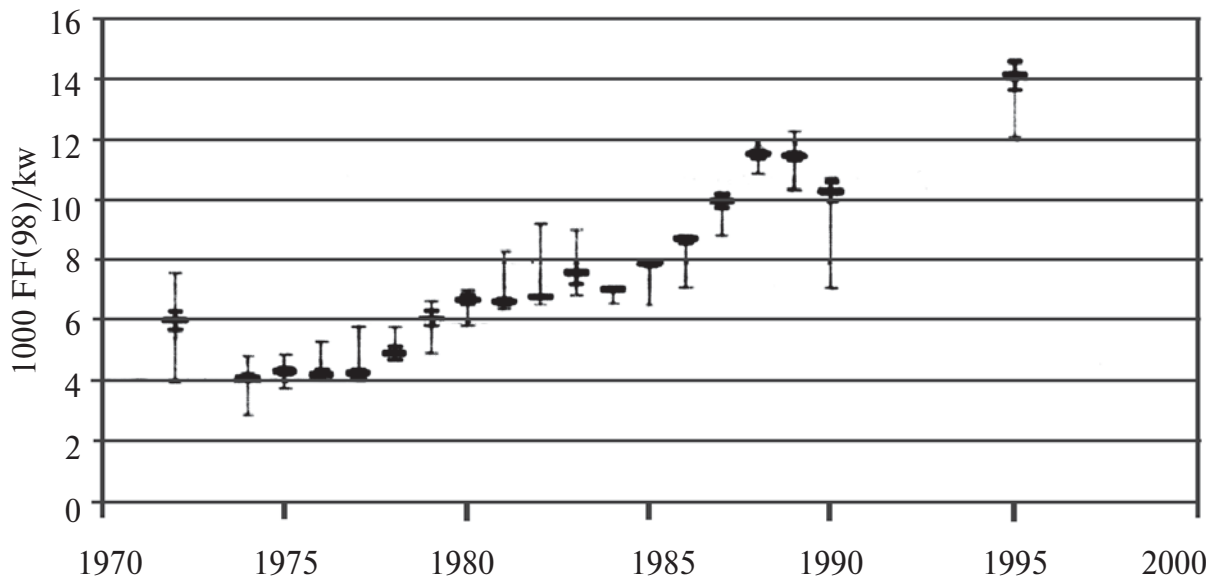


Рис. 5. Увеличение стоимости строительства АЭС во Франции (1000 франков (1998)/ кВт мощности) (Фрогатт Э., Шнайдер М. 2011. Энергетические стратегии будущего: препятствует ли атомная энергия необходимым системным реформам? // Сливяк В. (ред.). Мифы об атомной энергии. Почему развитие атомной энергетики ведет нас в тупик. М.: Фонд имени Генриха Бёлля, 2011. С. 105, рис. 15)

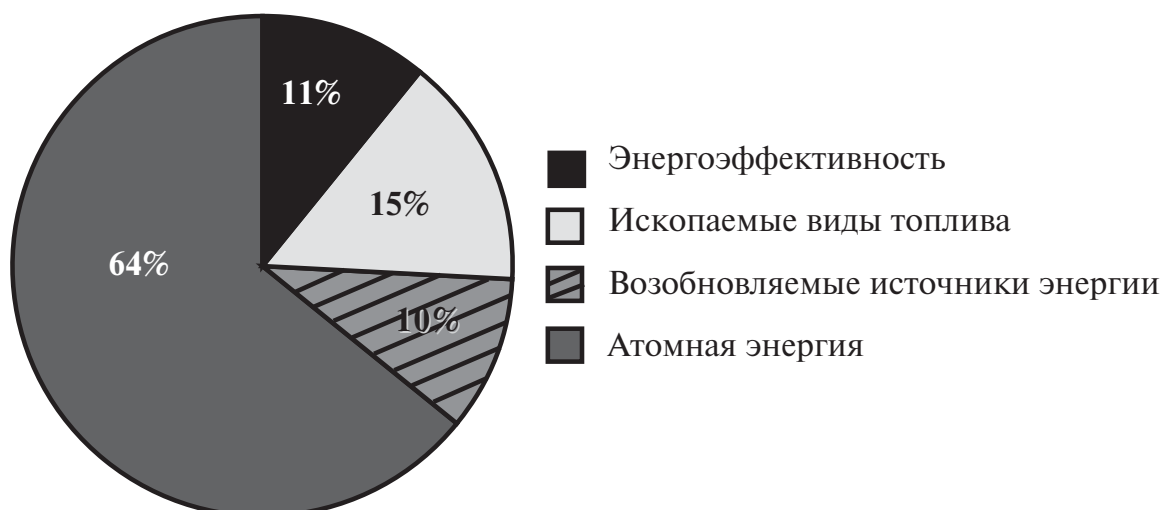


Рис. 6. Распределение государственных расходов (%) на исследования и разработки в области энергетики в странах ОЭСР в период 1974–2008 гг. Энергетические стратегии будущего: препятствует ли атомная энергия необходимым системным реформам? // Сливяк В. (ред.). Мифы об атомной энергии. Почему развитие атомной энергетики ведет нас в тупик. М.: Фонд имени Генриха Бёлля, 2011. С. 110, рис. 19)

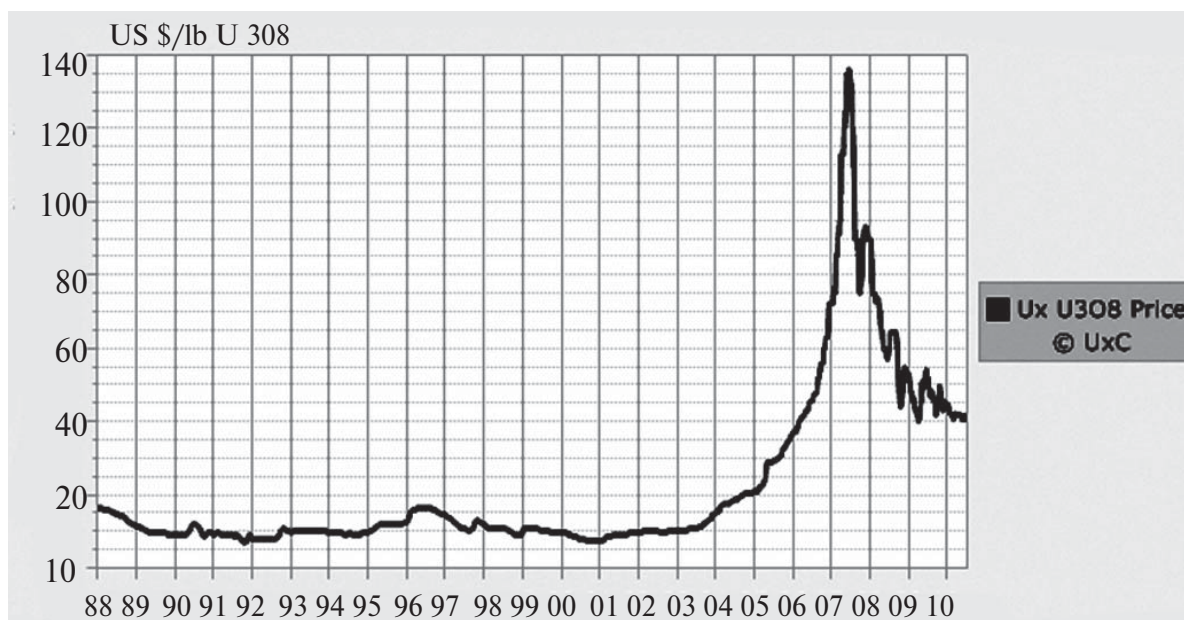


Рис. 7. Динамика средних мировых цен свежего урана (доллары США за фунт) в 2000–2010 гг. (<http://www.infomine.com>)

Максимальные размеры страховой ответственности оператора АЭС по национальному законодательству в разных странах в 2001 г. по данным неофициальной статистики (млн евро) (по: *Томас С. Экономические аспекты атомной энергии//Сливяк В. (ред.). Мифы об атомной энергии. Почему развитие атомной энергетики ведет нас в тупик.* М.: Фонд имени Генриха Бёлля, 2011. С. 140, табл. 7)

Страна	Максимальная величина	Обязательный депозит
Мексика	12	Нет
Словакия	47	Нет
Канада	54	Нет
Франция	92	Нет
Венгрия	143	Нет
Испания	150	Нет
Чехия	177	Нет
Финляндия	250	Нет
Великобритания	277	Нет
Бельгия	298	Нет
Нидерланды	340	Нет
Южная Корея	4293	Нет
США	10 937	226
Япония	Нет ограничений	538
Швейцария	Нет ограничений	674
Германия	Нет ограничений	2500

Таблица 9

Стоимость производства электроэнергии разными источниками в Европейском Союзе, при дисконте 10 % (Kurokawa G., Gardini S., Iyengar S. et al. 2010. Ethics of Nuclear Energy Technology. Ethics and Climate Change in Asia and the Pacific Project, Draft 4, 30 September
(http://www.unescobkk.org/fileadmin/user_upload/shs/Energyethics/ECC_APWG12rpt3.pdf).

Источник электроэнергии	2005 год	2030 год*
Газ (CCGT)	3.4–4.5	4.0–5.5
Уголь (pulverised)	3.0–4.0	4.5–6.0
Уголь (fluidised bed)	3.5–4.5	5.0–6.5
Уголь (IGCC)	4.0–5.0	5.5–7.0
АЭС **	4.0–5.5	4.0–5.5
Ветер (onshore)	3.5–11.0	2.8–8.0
Ветер (offshore)	6.0–15.0	4.0–12.0

* При стоимости выбросов CO₂ 20–30 Евро за тонну CO₂;

** без учета стоимости декомиссии и затрат на захоронение высокоактивных РАО/ОЯТ и при занижении страховых выплат.

Таблица 10

Усредненная цена электроэнергии (levelized cost of electricity — LCOE) возобновляемых источников и АЭС, US цент (2007) / кВт (Sovacool B.K. 2010. Questioning a Nuclear Renaissance. Global Public Policy Institute (GPPI) Policy Paper, # 8, 21 p.)

Источник электроэнергии	Цена
Гидро	3–7
Геотермальная	4–7
Ветер	5–12
Биотопливо	5–12
Солнечная (терм.)	12–18
Атомная	18–30
Солнечная (фото)	20–80

Таблица 11

Ориентировочные расходы на вывод АЭС из эксплуатации (млн фунтов стерлингов) (по: Томас С. 2011. Экономические аспекты атомной энергии.

Сливяк В. (ред.). Мифы об атомной энергии. Почему развитие атомной энергетики ведет нас в тупик. М.: Фонд имени Генриха Белля, С. 170, табл. 12)

Этапы	Без снятия процентов	British Energy (3 %)	BNFL (2,5 %)
Первый	300	300	300
Второй	600	184	233
Третий	1200	113	41
Всего	1800	597	564

Таблица 12

Основные радионуклиды, определяющие радиоактивность и токсичность ОЯТ в разное время (http://profbeckman.narod.ru/RN0.files/26_4.pdf)

Число лет	Радионуклиды
До 100	Железо-55, кобальт-58 и 60, стронций-90, родий-101, рутений-106, цезий-134, церий-144, прометий-147, европий-154 и 155, кюрий-242
от 100 — до 1000	Самарий-151, цезий-137, никель-63, уран-232, кюрий-243, 244
от 1000 до 10 000	Америций-241
от 10 000 до 100 000	Нептуний-237, плутоний-240, америций-243, углерод-14, никель-59, цирконий-93,
Более 100 000	Никель-59, ниобий -94, йод-129, технеций-99, палладий-107, уран-236, плутоний-239



Рис. 8. Основные экологические опасности, связанные с добычей и первичной переработкой урановой руды (см.: Яблоков А.В. 2009. Чудище обло, озорно, огромно, стозевно и лайя... Рассказ эколога об атомной индустрии. Иркутск: Байкальская экологическая волна, 132 с. рис. 4)

Таблица 13

Содержание радионуклидов в экосистемах вблизи и вдали от некоторых АЭС (см.: Яблоков А.В. 2001. Миф об экологической чистоте ядерной энергетики. М.: Центр экологической политики России. 136 с.)

АЭС	Вблизи АЭС	Далее 30 км от АЭС	Примечание
Нововоронежская	3200 ± 200	2610 ± 200	цезий-137 (Бк/м ²)
Смоленская	3100 ± 200	2610 ± 200	цезий-137 (Бк/м ²)
Калининская	2700 ± 100	2610 ± 200	цезий-137 (Бк/м ²)
Курская	2800 ± 100	2700 ± 300	цезий-137 (Бк/м ²)
Билибинская	До 3362	До 222 (5 км)	кобальт-60 (мБк/м ² , сутки)
	До 935	До 29 (5 км)	марганец-54 (мБк/м ² , сутки)
	13,6	7,6 (5 км)	стронций-90 (Бк/кг)
Ленинградская	954 ± 7	49,0 ± 1,5 (22 км)	цезий-134, грибы (Бк/кг)
	337,6 ± 3,6	15,4 ± 0,8 (22 км)	цезий-137, грибы (Бк/кг)
АЭС «Крюммель»	33,9 ± 0,3 (менее 1000 м)	5,5 ± 0,5 (1600 м) > 4,0 (50 км)	Тритий, древесина (Бк/кг)

Примеры влияния предприятий атомной индустрии США на здоровье населения
(см.: Яблоков А.В. 2002. Миф о безопасности малых доз радиации. М.: Центр экологической политики России. С. 68, табл. 22)

Район, предприятие	Характер влияния
АЭС «Биг Рок» (через 5–9 лет после пуска АЭС)	Увеличение младенческой смертности, числа новорожденных с низким весом, числа случаев врожденных пороков развития, случаев рака и лейкемии
АЭС «Шиппингпорт»	Увеличение младенческой смертности
АЭС «Пилгрим»	Четырехкратно больший риск заболеть лейкемией у живших в 1978–1983 гг. в радиусе 16 км от АЭС. После снижения уровня выбросов ниже 0,25 мЗв/год (в 1983–1986 гг.) дополнительные случаи лейкемии не наблюдались
АЭС «Дуэйн Арнольд»	Увеличение числа случаев лейкемии у детей
Население графств, расположенных вблизи или с подветренной стороны от шести АЭС в штатах Висконсин и Миннесота	Увеличение смертности грудных детей, родившихся с пониженным весом (менее 2500 г)
Население 268 графств на расстоянии до 80 км вокруг пяти атомных военных производств и 46 АЭС	Увеличение смертности от рака груди (в 2,5 раза вокруг АЭС и в 10 раз — вокруг атомных производств)
Девять атомных производств Министерства энергетики США	Увеличение смертности от рака костей в окрестностях восьми производств (сравнительно с контрольным районом) и вокруг трёх из пяти — после пуска



Окончание

АЭС «Три Майл Айленд» (выбросы до аварии 1979 г.), население с подветренной стороны	Увеличение заболеваемости раками у детей, числа случаев неходжкинской лимфомы, десятикратное увеличение числа случаев рака крови и легких у взрослых; увеличенное число жалоб населения на тошноту, расстройства пищеварения, раннее облысение.
АЭС «Салем»	Увеличение детской смертности и спонтанных аборт. В годы, когда АЭС останавливалась или работала на минимальной мощности, эти показатели резко уменьшались
АЭС «Форт Сан Врейн», «Ля Крос», «Миллстоун», «Хаддам Нэк», «Троян», население с подветренной стороны	Уменьшение младенческой смертности на 15–20 % через два года после закрытия АЭС
АЭС «Ранчо Секо»	Рост младенческой смертности после пуска. Уменьшение случаев лейкемии, раков и смертности от ВПР через семь лет после остановки
АЭС «Ойстер Крик»	Увеличение на 35–50 % числа случаев рака у детей через несколько лет после пуска
Завод по производству ядерного топлива (штат Пенсильвания), население расположенного рядом с заводом г. Аполло	Рост онкологической заболеваемости (у каждого пятого — в 17 раз чаще, чем в соседнем городе и чем в среднем по США)

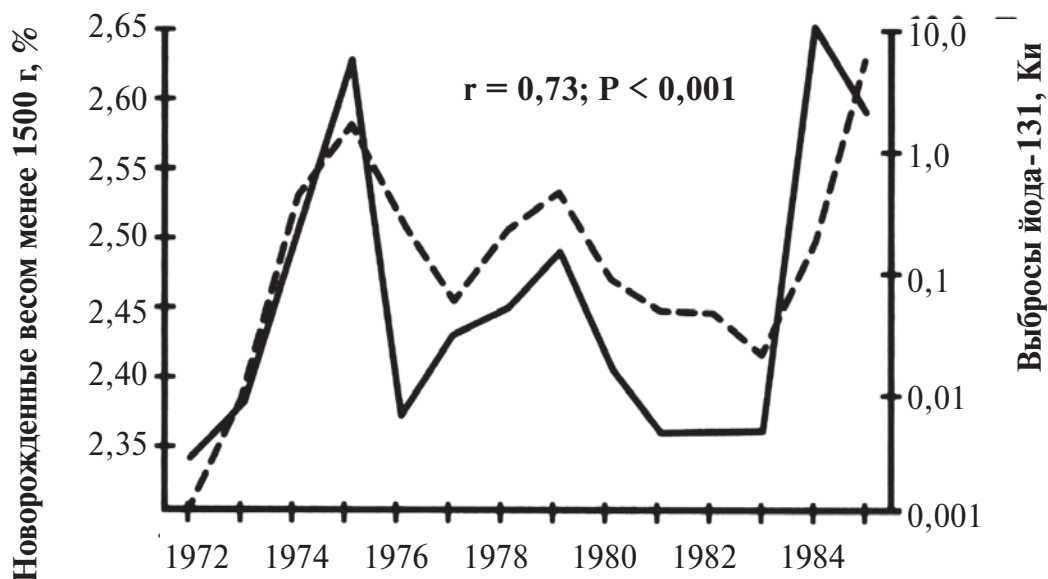


Рис. 9. Корреляция между величиной выбросов йода-131 АЭС «Индиан Пойнт» и числом (%) живорожденных чернокожих с пониженным (менее 1500 г) весом тела в штате Нью-Йорк в 1972–1985 гг. (по: Gould J.M. 1996. The Enemy Within. The High cost of living near nuclear reactors. Four Walls Eight Windows Publ. N. Y.; London, fig. 2–14).

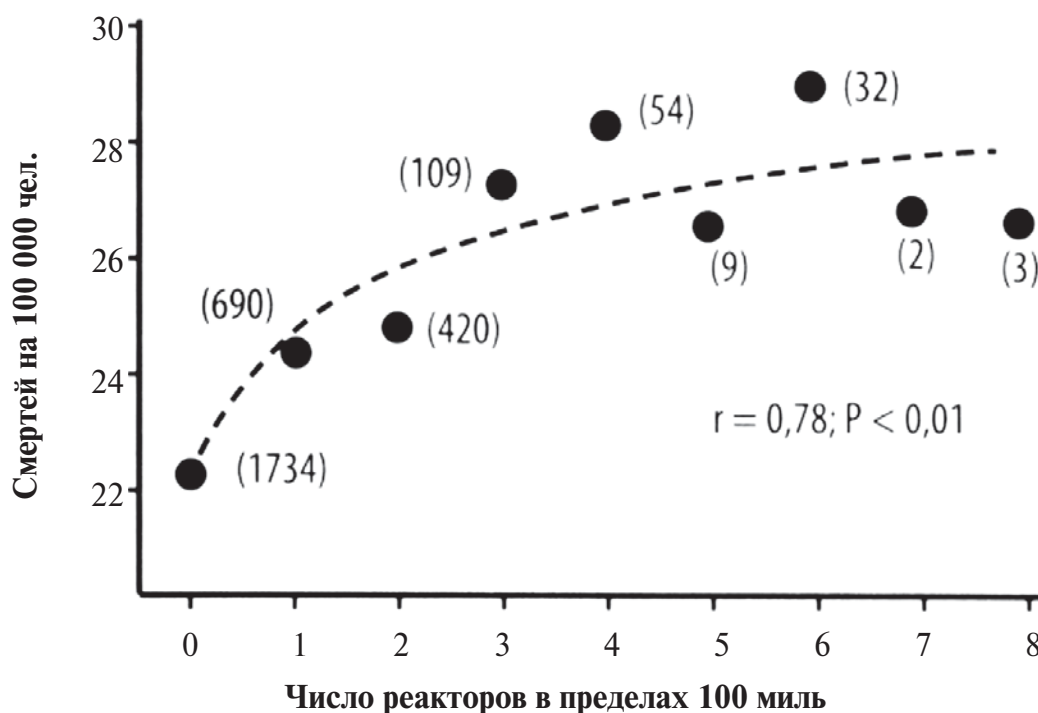


Рис. 10. Корреляция между смертностью женщин от рака молочной железы (на 100 тыс.) и числом АЭС на расстоянии 160 км в США (по: Gould J.M. 1996. The Enemy Within. The High cost of living near nuclear reactors. Four Walls Eight Windows Publ. N. Y.; London, fig. 8–8).

Примеры влияния предприятий атомной индустрии Германии на здоровье населения
(см.: Яблоков А.В. 2002. Миф о безопасности малых доз радиации. М.: Центр экологической политики России. С. 68, табл. 24)

Район, предприятие	Характер влияния
АЭС «Линген»	Корреляция между величиной выброса «инертных» радиоактивных газов и детской (0–14 лет), младенческой (0–1 год) смертностью от рака, а также мертворождаемостью
АЭС «Гарчинг» и «Наухерберг»	Рост заболеваемости и смертности от лейкемии мальчиков
АЭС «Джулих»	Увеличение числа случаев острой детской лейкемии
АЭС «Вюргассен» и «Крюммел»	Увеличение заболеваемости лейкемией. Четырехкратное увеличение числа хромосомных aberrаций у взрослых
АЭС «Розендорф» и «Райнсберг», три округа Баварии (Гюнцбург, Диллинген, Аугсбург), где расположены АЭС	Увеличение числа раковых заболеваний детей

Примечание: На примере Германии видно, как происходит подтасовка опасных для атомной индустрии данных. В официальное расследование были включены данные по заболеваемости детей всеми раками в 15-км зоне вокруг 20 атомных реакторов. Официальное заключение — нет статистических различий в заболеваемости вблизи и вдали от АЭС. Однако различия обнаружились при:

- сравнении данных вокруг длительно работающих коммерческих АЭС (при исключении исследовательских и неработающих АЭС);
- учете не всех раков «в общем», а при выделении острой лейкемии и ранних раков (у детей в возрасте 0–4 года);
- сравнении заболеваемости на разном (5–10–15 км) расстоянии от АЭС.

Таблица 17

Риск погибнуть от разных причин в Великобритании
(см.: Sumner D., Watson W. 1991. Radiation risk: on evaluation. Glasgow, 220 p.)

Причина смерти	Погибает в год
Выкуривание 10 сигарет в день	1 из 200 или 500×10^{-5}
Автокатастрофы	1 из 10 000 или 10×10^{-5}
Несчастные случаи на работе	1 из 50 000 или 2×10^{-5}
Облучение дозой 0,3 мЗв	1 из 70 000 или $1,4 \times 10^{-5}$

Примечание: Это сравнение не вполне корректно. Во-первых, некорректно сводить все риски гибели от атомной индустрии только к гибели от раков. Не меньше, чем от радиогенного (вызванного радиацией) рака, погибает людей от радиогенного нарушения иммунной системы и других нераковых заболеваний. Поэтому более реалистично считать риск радиогенной гибели (при дозе 0,3 мЗв) не 1 на 70 тыс./год, а около 1 на 40 тыс./год. Во-вторых, за средней величиной риска скрывается много большой риск для детей, пожилых людей, беременных и тех, чей организм уже ослаблен какими-то болезнями. Для этих групп риск будет, по-видимому, 1 на 20–30 тыс./год. Наконец, ведь это выбор каждого — курить или не курить, ездить на автомашине или выбрать работу с самым малым уровнем риска. Но нельзя избежать действия техногенных радионуклидов, которые влияют на каждого повсеместно.

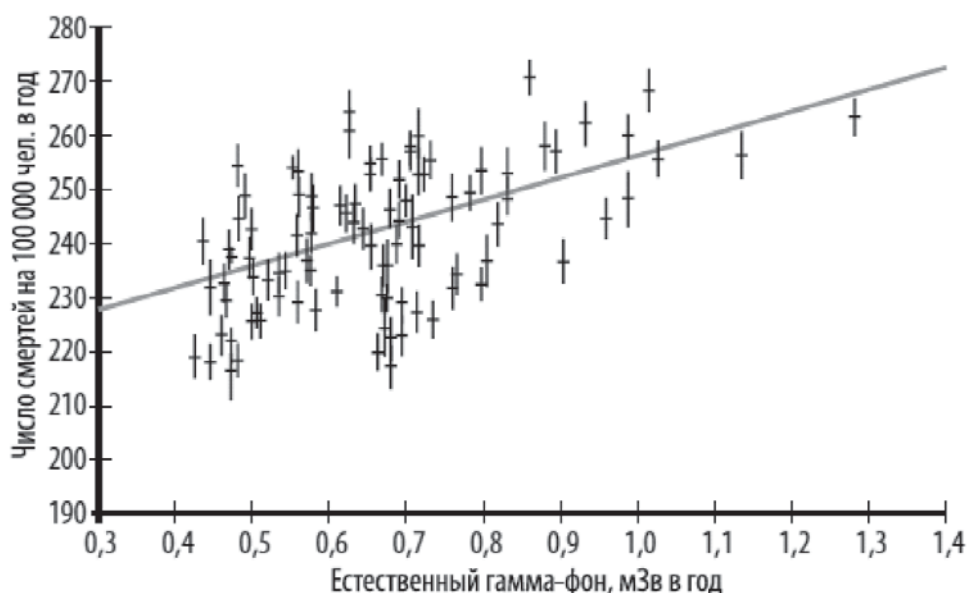


Рис. 12. Корреляция между уровнем естественного радиационного фона и смертностью от рака в Баварии (см.: Korblein A., Hoffman W. 2006. Background Radiation and Cancer Mortality in Bavaria: an Ecological Analysis//Arch. Environ. Occup. Health. Vol. 61. № 3. P. 109–114)

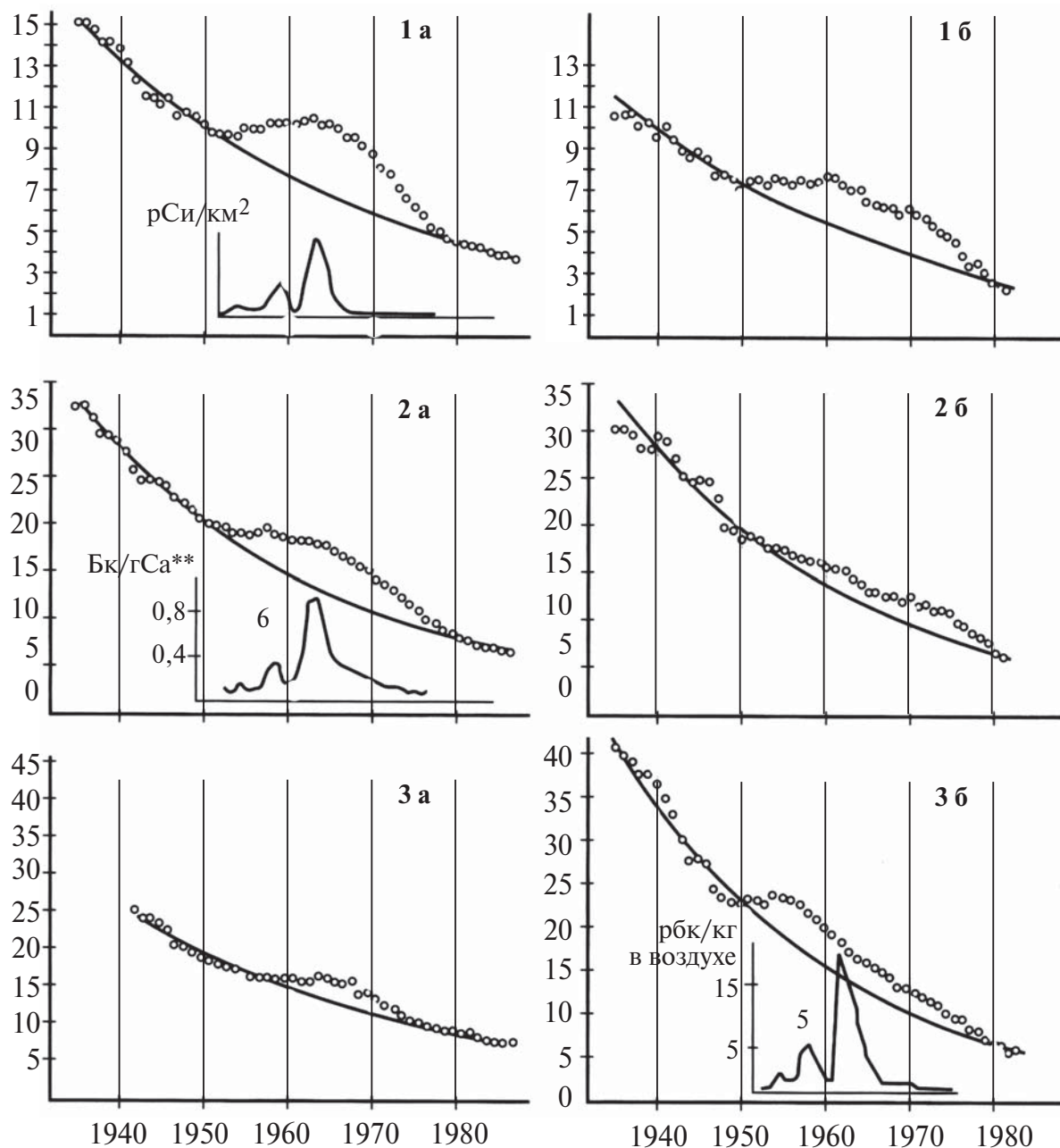


Рис. 13. Динамика смертности (число случаев на 1000) в первый день после родов (1а, 1б), в первые четыре недели после родов (2а, 2б) и число мертворожденных (3а, 3б) в США (а), Англии и Уэльсе (б). Уровень выпадения на почву от ядерных испытаний в атмосфере 4 — стронция-90, 5 — цезия-137, 6 — уровень содержания стронция-90 в молоке (Англия). Многолетний тренд — сплошная линия, отклонения в 50–80-е годы — влияние атомных испытаний в атмосфере (см.: Busby Ch. 1995. Wing of Death: Nuclear pollution and human health. Aberystwyth//Green Audit Publ. P. 232–233, fig. 7.15, fig. 7.16).

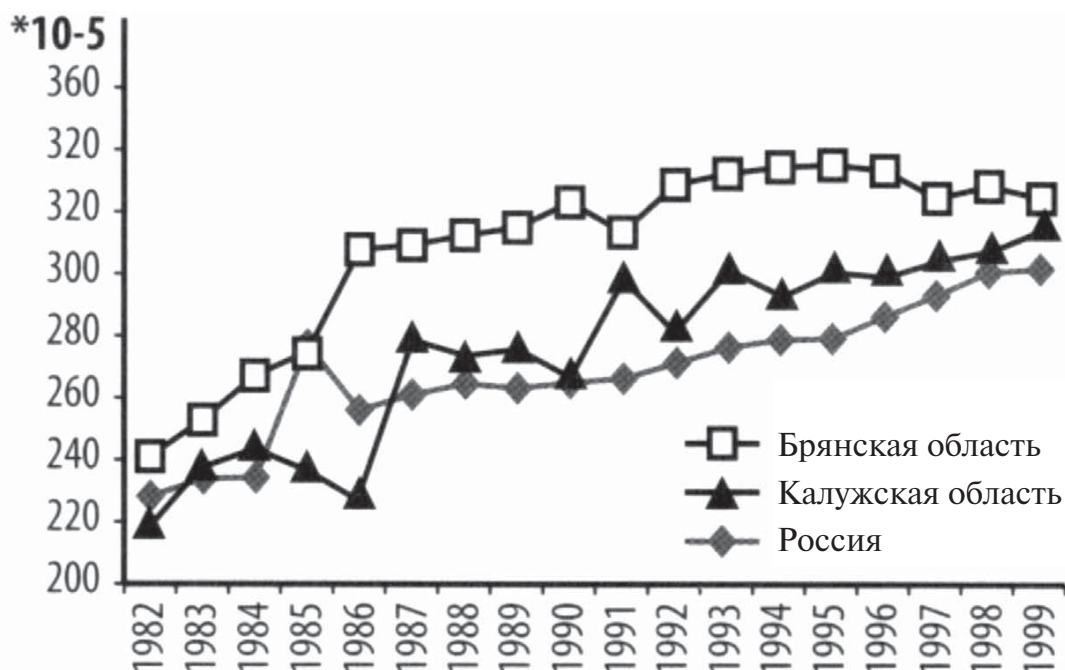


Рис. 14. Пример увеличения заболеваемости раками, вызванными чернобыльским радиоактивным загрязнением: динамика обнаружения всех солидных раков в Брянской (сильно загрязнена радионуклидами), Калужской (менее загрязнена) областях и в среднем по России (см.: *Ivanov V., Tsyb A., Ivanov S., Pokrovsky V.* 2004. *Medical Radiological Consequences of the Chernobyl Catastrophe in Russia. Estimation of Radiation Risk.* St.-Pg: Nauka Publ., 388 p.)

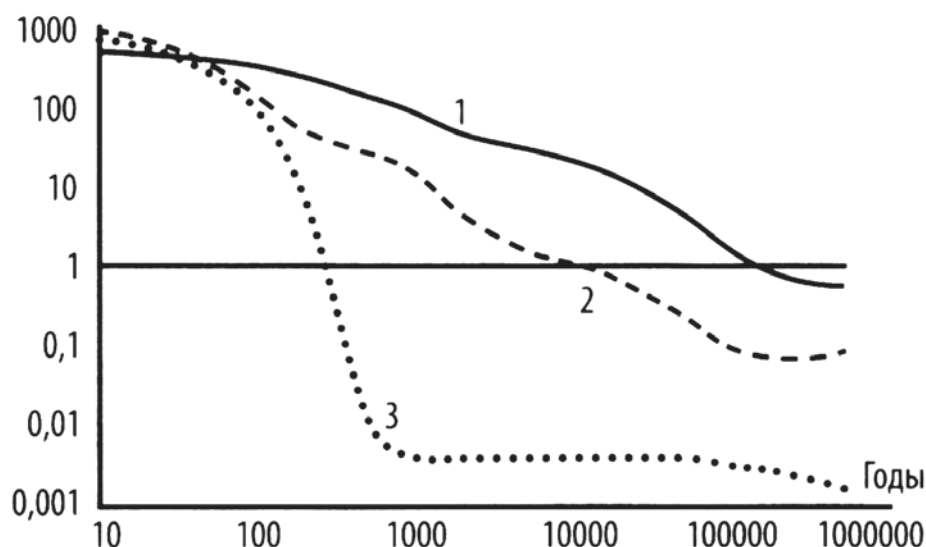


Рис. 15. Уровень радиотоксичности продуктов распада урана в реакторе АЭС сравнительно с радиотоксичностью природной урановой руды (горизонтальная линия) и время существования этих продуктов в биосфере. Средняя радиотоксичность: 1 — продуктов расщепления (без актиноидов); 2 — актиноидов (в основном, плутония и америция); 3 — остеклованных высокоактивных РАО (см.: *Klaassen F.* 2008. *Environmental aspects of the nuclear fuel cycle// Environment.* № 1. P. 32–36, fig. 4)

Рекомендуемая литература

- Булатов В.И.* 1996. Россия радиоактивная. Новосибирск, 271 с.
- Гулд Дж. М., Голдман А.Б., Миллпойнетр К.* 2001. Смертельный обман. Большая ложь о малых дозах: Пер. с англ. М.: МСОЭС, 260 с.
- Денисовский Г.М., Лупандин В.М., Мальшева П.В.* 2003. Ядерная энергетика России. Неизвестное об известном. М.: «Совет ГРИНПИС», 68 с.
- Емельяненко А., Попов В.* 1996. Атом без грифа «секретно». Полвека с бомбой. М.: Врачи мира за предотвращение ядерной войны, Кн. 2. 158 с.
- Календарь ядерной эры. Ни дня без аварии. 1996. М.: Совет ГРИНПИС, 14 с.
- Маттес Ф. К.* 2006. Ядерная энергия: миф и реальность: Пер. с англ. М.: Звенья, 244 с.
- Крышев И.И., Рязанцев Е.П.* 2000. Экологическая безопасность ядерно-энергетического комплекса России. М., 384 с.
- Кузнецов В.М., Чеченов Х.Д.* 2008. Российская и мировая атомная энергетика. М.: Изд. МГУ, 765 с.
- Кузнецов В.М., Назаров А.Г.* 2006. Радиационное наследие холодной войны: Опыт историко-научного исследования. М.: Ключ-С, 720 с.
- Кудрик И., Диггес Ч., Никитин А. и др.* 2004. Российская атомная промышленность — необходимость реформ. Доклад Объединения «Беллона». № 4. Осло, 209 с.
- Кузнецов В.М., Яблоков А.В., Десятов В.М., Никитин А.К., Форофонтов И.В.* 2000. Плавающие АЭС России: угроза Арктике, Мировому океану и режиму нераспространения. М.: Центр экологической политики России, 65 с.
- Макхиджани А., Салеска С.* 1999. Обманы атомной энергии: Пер. с англ. Новосибирск Нонпарель, 360 с.
- Мэриотт М., Д'арриго Д., Олсон М. и др.* 2008. Ложные обещания: Пер. с англ. Экозащита!, М. 76 с.
- Никитин А., Яблоков А.* (ред.). 2010. Защитники природы ПРОТИВ атомной энергетике. Независимый взгляд на ядерную энергетiku исходя из бесперспективности решения накопленных проблем и отсутствия гарантий безопасности. СПб: Беллона, 48 с.
- Рекомендации-2003 Европейского комитета по радиационному риску, 2004/*Басби К. и др.* (ред). Пер. с англ. Центр экологической политики России, М.: 218 с.
- Сливяк В.* (Ред.); 2011. Мифы об атомной энергии. Почему развитие атомной энергетике ведет нас к тупик. М.: Фонд имени Генриха Белля, 232 с.
- Соловьев С.П.* 1992. Аварии и инциденты на атомных электростанциях. Учеб. пос. по курсам «Атомные электростанции», «Надежность и безопасность АЭС». Обнинск, 290 с.
- Хижняк В.* 2003. Осторожно! Радиация! Пос. для граждан. Красноярск: Изд. Гражданского центра ядерного нераспространения, 32 с.

Яблоков А.В. 1997. Атомная мифология: Заметки эколога об атомной индустрии. М.: Наука, 272 с.

Яблоков А.В. 2009. Чудище обло, озорно, огромно, стозевно и лайя... Рассказ эколога об атомной индустрии. Иркутск: Байкальская экологическая волна, 132 с.

Ярошинская А.А. (ред.). 1996. Ядерная энциклопедия. М.: Изд. Благотворительного фонда Ярошинской. 618 с.

Caldicott H. 2006. Nuclear Power Is Not Answer. N. Y.: The New Press, XVI + 221 p.

Sokolski H. (ed.). 2010. Nuclear Power's Global Expansion: Weighing Its Costs and Risks. Carlisle, PA: Strategic Studies Institute, United States Army War College, VII + 641 p. [<http://j.mp/NuclearExpansion>].

Lovins A., Sheikch J., Markevich A. 2008. Forget Nuclear. Rocky Mountain Institute // http://rmi.org/Knowledge-Center/Library/E08-04_ForgetNuclear).

Smith G. 2011. Nuclear Roulette. The Case Against a «Nuclear Renaissance». International Forum on Globalization, San Francisco, VIII + 76 p.

Schneider M., Froggatt A., Thomas S. 2011. The World Nuclear Industry Status Report 2010–2011. Nuclear Power in a Post-Fukushima World: 25 Years After the Chernobyl Accident. Worldwatch Institute. Washington, 84 p.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Аборт медицинский 128, 178, 180, 181, 227
- Авария
- радиационная 7, 9, 12, 14, 16, 17, 23, 24, 26, 32, 38, 73, 78, 91, 130, 159, 165
 - тяжелая 17, 23, 24, 26, 32, 38, 73, 78, 91, 130, 159, 165
- Автокатастрофы 172, 231
- Автомобиль 50
- Агентство по охране среды Швейцарии 113
- Азот 87, 116, 200
- Алхимики 101
- «Аль — Каида» 35
- Альфа — излучатели 31, 49, 121, 140, 142, 151, 153, 162, 192
- Америций 55, 129, 132, 143, 194, 210, 216, 217, 224, 233
- Амфибии 115, 119
- Аномалии рефракции 167
- АПЛ (атомная подводная лодка) 14, 17, 217
- Асимметрия 114, 125, 119
- Атмосфера 12, 15, 23, 32, 38, 42, 51, 83, 86, 92, 99, 104, 106, 109, 111, 113, 117, 122, 123, 126, 127, 141, 145, 158, 162, 168, 173, 200, 217, 218, 232
- «Атомная эра» 107, 117, 118
- Аэрозоли 23, 30, 42, 44, 46, 48, 49, 108, 109, 110, 111, 118, 136
- АЭС:
- Белоярская 12, 16, 17, 188, 189, 195, 196
 - «Богунце» 17, 30
 - «Вильфа» 29
 - «Виндскейл» 17
 - «Гравлин» 198
 - «Грейфсвальд» 79, 83
 - «Дэвид Бессе» 13, 14
 - Игналинская 35, 82, 119
 - «Индиан Пойнт» 20, 228
 - Калининская 225
 - «Касивазаки-Карива» 18
 - «Козлодуй» 22, 29
 - Кольская 12, 29, 89
 - «Крис-Мальвил» 113
 - «Куданкулам» 205
 - Курская 29, 225
 - «Крюммель» 113, 225
 - Ленинградская 16, 111, 113, 119, 125, 225
 - «Люценс» 16
 - «Мендризо Лейбштад» 113
 - «Милано» 113
 - «Ножан» 198
 - «Норс Энн» 18
 - Нововоронежская 29
 - «Олдбёрри» 29
 - «Пит Ботом» 113
 - «Салем» 129, 227
 - «Сан Онофре» 125
 - «Сен Лорен» 12, 16, 197
 - Смоленская 29, 225
 - «Три Майл Айленд» 9, 12, 14–16, 24, 25, 30, 33, 38, 49, 73, 77, 113, 203, 227
 - «Трикастен» 198
 - «Форсмарк» 12
 - «Фукусима» 9, 12, 14, 16, 19, 20, 30, 49, 53, 73, 126, 131, 145, 201, 204
 - «Хантерсон Бис» 12
 - Чернобыльская 10, 16, 29, 33, 54, 62, 73, 161, 165, 166

- «Шика» 22
- «Энрико Ферми» 16, 188
- Бассейн выдержки 14, 16, 53, 77
- Бериллий 140, 216
- Беспозвоночные 119
- Биотопливо 223
- Бомбардировка нейтронная 42, 100, 191
- Бридер 98, 187, 188, 189, 190–193, 195
 - «Даунри» 188
 - «Калкар» 188
 - «Мондзю» 188
 - «Суперфеникс» 192, 193
 - «Ферми-1» 188
- Брук-Хэвенская национальная лаборатория 76
- Буря 92, 106, 117
- Бюро по улучшению деловой практики США 114
- Венская конвенция 20, 33, 77
- Водоемы 15, 86, 114, 115, 122, 124, 125, 208
- Водозаборы 104
- Водород 9, 42, 83, 99, 109, 110, 120, 123, 140, 185, 216
- Воды грунтовые 42, 122, 123, 198, 225
- Война холодная 36, 54, 184, 234
- Висмут 162, 188, 192
- ВНИИЭФ 68
- Всемирная ассоциация ветроэнергетики 97
- Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) 159
- Контур реактора 42, 109, 123, 189, 190, 192, 214
- Вулкан 209, 124
- Выбросы
 - газоаэрозольные 44, 108, 109, 111
 - радиоактивные 6, 26, 38, 44, 46, 132, 172
 - CO₂ 84, 115, 116
- Выкидыши 25, 124, 128, 172, 178
- Выщелачивание 41, 122
- Гадолиний 53
- Газы
 - инертные 92, 108, 230
 - радиоактивные 18, 23, 30, 108, 230
 - парниковые 83, 84, 88, 116
- Газ
 - природный 71, 75, 82
 - сланцевый 93
 - углекислый 83, 85, 87, 88, 92, 94, 116, 200, 217, 218
- Гелий 99, 124
- Гидросфера 104, 124
- Гормезис 152
- Госатомнадзор 37
- Градирня 123, 124
- Граната 35
- Грибы 106, 112, 113, 175, 176, 225
- Грозы 106, 117, 124
- ГРИНПИС 36, 87, 138, 197, 234
- ДДТ 51
- Дейтерий 99
- Дефекты врожденные 127
- Деревья 130
- Дизель-генератор 13, 23
- Дистония 167
- Договор о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО) 61, 65, 66, 67, 68
- Европейская ассоциация солнечной термоэнергетики 94
- Европейский Союз 39, 73, 146, 176, 223

- Европейская комиссия по радиационному риску 160
- Железа щитовидная** 24, 135, 166, 169, 170, 173, 177, 178, 180
- Женевская конвенция 36
- Животный мир 96
- Жидкие радиоактивные отходы 39, 41, 115, 123
- Жизненный цикл 81, 218
- Жизнеустойчивость 122
- Защита физическая** 72
- Зона активная 13, 21, 30, 189, 192
- Излучение**
 — гамма 48, 49, 350, 121, 123, 140, 142, 148, 161
 — космическое 216
- Институт энергетики и окружающей среды 68, 92, 101, 159, 202
- Интеллект 167, 168, 174
- Йод радиоактивный 51, 106, 107, 135
 — йод-129 51, 55, 104, 110, 217, 224
 — йод-131 18, 23, 104, 111, 168, 169, 173, 216, 217, 228
 — йод-133 104, 169
- Ионизация 32, 51, 105, 109
- ИРГ (инертные радиоактивные газы) 92, 108, 230
- Источники возобновляемые 83, 84, 87, 88, 90, 91, 93, 98, 100, 219, 221, 223
- Кабан**, 106, 166
- Кардиограмма 156
- Карликовость 122
- Катаракта 128
- Кислота борная 22
- Климат 6, 71, 83, 86, 91, 102, 116, 218
- Кобальт 109, 189, 217, 224, 225
- Комиссия по атомной энергии Франции 197
- Конгресс США 35
- Контейнмент 29, 30
- Контур:
 — первый 42, 109, 123, 189, 192, 214
 — второй 123, 189, 190
- Конъюнктивит 167
- Кости 112, 163, 166, 167, 173, 226
- Коэффициент накопления 112
- Кризис энергетический 6, 71, 93, 98, 102
- Криптон 24, 42, 51, 86, 92, 104, 106, 109, 110, 116, 151, 208, 216, 217, 218
- Ксенон 24, 104, 169, 217
- Курение 172
- Ласточка** 112
- Легкие 48, 99, 122, 151, 152, 159, 170, 173, 227
- Ледокол атомный 14, 214, 37
- Лейкемия 167, 178, 180, 200, 226, 227, 230
- Лес 53, 54, 106, 119, 124, 173, 176
- Летчики 163
- Лист лавровый 176
- Лихтеровоз 14
- Ликвидаторы 174, 179
- Литий 99
- МАГАТЭ** 10, 24, 37, 59, 63–65, 66, 77, 155, 157, 165, 181
- Магний 109
- Мазут 43, 83, 116, 124, 132, 136, 137, 184, 185
- Маяк 54

- «Маяк» объединение 16, 61, 161
Международный термоядерный экспериментальный реактор (ITER) 100, 101
Мельница ветряная 7
Мертворождения 128, 230
Металлолом 54, 57
Метод дистанционный 31, 32
Микроорганизмы 55, 141, 153
Микрофтальмия 179
Микроцефалия 179
Министерство энергетики США 27, 28, 226
Млекопитающие 119, 144, 150, 157, 177
Мнение общественное 34, 66, 201
Можжевелник 176
МОКС-топливо 45, 46, 54, 56
Мутации 96, 109, 113, 141, 149, 150, 152, 154, 166
Мышцы 173
- Навоз** 135
Надкритичность 22
Наркотики 76, 172
Насекомые 109, 112, 113, 119
Насос циркуляционный 22
Натрий 188, 189, 190–192, 216
Нейтроны
— запаздывающие 26
— медленные 26, 98
— быстрые 103, 132, 187, 189, 190–194
«Неопознанное аномальное явление» 189, 192, 196
Нептуний 55, 129, 224
Нефть 71, 86, 91, 93, 95, 98, 121, 131, 137, 185
НИИАР 23
Ниобий 9, 53, 109, 224
НКДАР 127, 157
- Облучение 26, 48, 147
Озеро 106, 114, 115, 125
Океан 12, 18, 89, 92, 185, 200, 234
Олень 106, 119
ООН 10, 36, 61, 127, 128, 147, 207
Орехи 176
Оружие ядерное 59, 60, 62, 63, 65, 67, 68
Останов аварийный 22, 218
Остеопения 167
Отбор естественный 141, 144, 154, 210
ОЯТ (отработавшее ядерное топливо) 14, 19, 35, 39, 40–44, 46, 47, 49, 50, 52–56, 60, 73, 75, 77, 80, 135, 183, 187, 190, 191, 194, 197, 218, 223, 224
- Палладий 53, 55, 224
Пар 9, 80, 86, 88, 92, 124
Парки ветряные 84
Печень 173
План Коломбо 64
Планктон 112
Плутоний 11, 17, 21, 26, 39, 40, 41, 45–47, 54, 56, 60–62, 64, 66, 68, 92, 107, 129, 132, 135, 151, 152, 161, 162, 187, 190, 194, 196, 197, 208, 210, 215–217, 224
Подберезовики 113, 175
Пожары 12, 188, 198
Полёвки 24, 119, 144, 164
Полоний 121, 122, 161, 162, 192
Полигон 64
Пороки развития 124, 127, 135, 167, 172, 178, 179, 181, 226
Почва 12, 78, 103, 120, 122, 145, 148, 166, 173, 198, 210, 232
Проект «Sunshot» 81
Продукты коррозии 99, 104, 191
Протоплазма 123
Птицы 112

- Радий 121, 140, 153, 216, 225
 Радиолокатор 32, 38
 РИТЕГ (радиоизотопный термо-электрогенератор) 54
 Радиофобия 167, 168
 Радионуклиды
 — альфа 31, 49, 121, 140, 142, 151, 153, 162, 192
 — гамма 48, 49, 50, 121, 123, 140, 142, 148, 161, 225
 — бета 49, 140, 142
 — короткоживущие 52, 104, 108, 194
 — осколочные 53, 125
 Радон 121, 140, 142, 154, 216
 Рак
 — крови 178, 180, 227
 — щитовидной железы 135, 166, 169, 170, 173, 174, 180, 228
 Ракета «воздух-земля» 29
 РАО (радиоактивные отходы)
 — долгоживущие 40, 43, 46, 48, 55, 118
 — короткоживущие 52, 104, 108, 194
 — жидкие 75, 123
 — твердые 35, 41, 50, 115
 Растительность 96
 Реактор
 — ВВЭР-440 29, 78, 104
 — ВВЭР-1000 108, 124, 185, 215
 — МИР-М.1 23
 — на быстрых нейтронах 26, 54, 103, 132, 190 — 194
 — на медленных нейтронах 26
 — РБМК 9, 29, 44, 79
 — с внутренней безопасностью 26
 — «Суперфеникс» 188, 192, 193
 — «четвертого поколения» 26, 28
 — «экологический» 193
 — BORAX-1 17
 — CIRUS 64, 215
 — NRX 17
 — SL-1 17
 — SRE 17
 Реакция цепная 11, 18, 21, 22, 27, 28, 60
 Регенерация 46, 135, 190, 191, 194
 Регуляция эндокринная 135
 Режим нераспространения 27, 234
 Рефракция 167
 Риск 16, 231
 «Росатом» 4, 69, 204, 206
 Российский федеральный ядерный центр 68
 Рубидий 109, 169, 216
 Рутений 109, 216, 224
 Рыбы 106, 114, 115, 119, 125, 170
 Самарий 224
 Самолет 29, 35, 146, 163, 184
 Самоселы 176
 «Свеча» ионизированного воздуха 32, 51, 105
 Свинец 121, 122, 216
 Связи межмолекулярные 123
 Селен 55
 Сера 87, 116, 200, 209
 Сибирский горно-химический комбинат 16
 Синдром Дауна 126, 150, 172, 173, 180, 181
 Синергизм 109, 110, 130
 Система вентиляционная 190
 Смертность 25, 126, 128, 131, 138, 150, 158, 163, 171–173, 182, 226–232

- Солома 135
Соотношение полов 180
Сплав эвтектический 188
«Срокатри» завод 198
Станции CSP 94, 95, 98
Стержни
— замедляющие 21
— поглотители 21, 26
— регулирующие 22, 26, 27
Страхование 73, 74, 76, 77, 81
Стронций 216, 217, 224, 225
Субсидии 71–73, 75, 77, 81, 98, 100, 197, 201, 205
Счетчик излучения 26
- Таблетки топливные 194
Табак 162, 172
Твердые радиоактивные отходы (ТРО) 41, 50, 115
Теллур 169
Тепловыделяющие сборки (ТВС) 23, 184, 185, 191, 214
Тепловыделяющие элементы (ТВЭЛ) 42, 44, 108, 184, 191, 194, 214
Теплоноситель 189, 191, 192, 214
Терроризм 35, 36
Термогенерация 81
Технеций 51, 224
Течения 97
Тимьян 176
Тмин 176
«Токаймура» завод 16
Торий 121, 140, 216
Тритий 31, 42, 51, 99, 104, 109, 110, 118, 123, 124, 140, 216, 217, 225
Трубопровод 123
ТЭЦ 75, 83, 86, 117
- Углерод 42, 104, 109, 110, 123, 140, 151, 216, 217, 224
- Уголь 43, 71, 74, 76, 81, 83, 95, 116, 117, 124, 132, 137, 217, 223
Ураганы 86, 92, 106, 117
Уран 21, 40, 41, 54, 56, 60, 80, 117, 121, 140, 151, 153, 183–187, 194, 199, 216, 224, 225
Уровень критический 21, 26
Ущерб ядерный 19, 20, 25, 35, 36, 77, 95, 103
- Федеральная комиссия по торговле США 114
Фиги 176
Фильтры автомобильные 31
Формации геологические 55
Фактор человеческий 8, 10, 15
Хром 109
Хромосомы 96, 150
Цезий 51, 104, 110, 113, 210, 216, 217, 224, 225
Церий 109, 216, 217, 224
Цикорий 176
Циркалой 9
Цирконий 9, 55, 224
- «Чернобыльский форум» 177
- Шалфей 176
Шантаж энергетический 183, 184
«Шпигель» 204
Шторм 92, 117
Шкала INES 17, 23
- Эволюция 104, 106
Экозащита 206
Электропроводность 51, 92, 106, 117, 208, 218
Электростанции
— ветряные 84, 87, 95, 201
— газовые 75, 95, 217
— солнечные 81, 84, 87, 89, 94, 97, 100, 140

Эмбрион 124, 178, 180

Энергетика

— геотермальная 87, 97, 100, 133

— гидротермальная 97

— ветровая 73, 74, 88, 89, 94

— огневая 44, 88, 124

— солнечная 74, 81, 84, 87, 89, 94, 97, 100, 140, 163, 182, 217, 223

— ториевая 62, 122, 137, 151, 187

Энергосбережение 86, 87, 88

Эффект

— гиперфункциональный 153

— триггерный 143, 211

ЯТЦ (Ядерный топливный цикл)
49, 52, 72, 123, 187

УКАЗАТЕЛЬ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ НАЗВАНИЙ

- Австралия 122
 Альпы 175
 Ангола 122
 Антарктида 173
 Аргентина 27, 66

 Бавария 154, 231
 Багдад 35
 Балтийское море 106
 Бангладеш 169
 Беларусь 19, 78, 82, 131, 156, 167, 170, 171, 173, 178, 179, 181, 182, 205
 Бельгия 17, 39, 205, 222
 Болгария 179
 Бразилия 27, 66, 145, 149, 209
 Бретань 169
 Бушер 35, 61
 Бхопал 131, 134

 Великобритания 5, 10, 16, 27, 39, 45, 47, 50, 61, 71, 75, 89, 126, 146, 173, 175, 180, 184, 187, 204, 205, 222, 231
 Венгрия 175

 Гаффьер 198
 Германия 154
 Голландия 175
 Грузия 179
 Гуарапари 149

 Дания 175
 Димон 36

 Египет 17, 106, 168, 175, 205

 Забайкалье 122, 153

 Западная Европа 146, 176

 Изер 175
 Израиль 174
 Индия 17, 50, 64–66, 71, 131, 134, 149, 154, 168, 184, 197, 204–206, 209, 215, 228
 Индонезия 204
 Иран 35, 66, 149, 205, 215
 Исландия 172
 Испания 18, 84, 94, 98, 174, 175, 197, 205, 222
 Казахстан 207
 Калифорния 125, 129
 Калмыкия 122
 Калужская обл. 233
 Канада 4, 17, 27, 39, 63, 64, 71, 122, 155, 168, 184, 207, 222
 Керала 149
 Киргизия 122
 Китай 4, 18, 50, 67, 71, 106, 145, 149, 154, 155, 168, 184, 204, 205
 Кольский п-ов 153
 Конго 122
 Курганская обл. 122

 Ленинградская обл. 153
 Ливия 35
 Лозон 198
 Ля-Аг 200

 Мадагаскар 149
 Марн-Арденн 169
 Марокко 122
 Мичиган 114, 115
 Молдова 179
 Моравия 180

- Нагасаки 12, 62, 126
 Нигерия 149
 Новая Земля 14
 Норвегия 173
 Нормандия 200
 Нью-Йорк 184
 Озирак 35
 Оренбургская обл. 122
- Париж 21
 Пенсильвания 35, 184, 222
 Петрушово 5
 Полинезия 173
 Польша 169
 Похаран 164
 Прибалтика 35
- Раджастан 164
 Рио-де-Жанейро 207
 Румыния 4, 122
 Сан-Паулу 149
 Санкт-Петербург 111
 Сахара 100
 Севезо 131, 134
 Северное полушарие 19, 125
 Северная Атлантика 39
 Северная Евразия 149
 Северный Кавказ 122
 Селлафилд 126
 Сибирь 207
 Словакия 222
- Таиланд 204
 Токай Мура 18
 Турция 4, 168, 173, 175, 179, 205
- Удомля 125
 Украина 5, 19, 38, 78, 122, 131, 167, 168, 170, 171, 173, 177–180, 205
 Уэльс 232
- Финляндия 31, 45, 47, 50, 63, 74–76, 175, 205, 222
 Франция 3–5, 10–12, 16, 18, 21, 27, 28, 39, 44, 45, 47, 50, 61, 72, 73, 75, 77, 97, 103, 106, 113, 119, 122, 126, 146, 153, 162, 168, 169, 174–176, 182–184, 187, 188, 192, 193, 197–201, 205, 220, 222
 Фукусима 7, 9, 11, 12, 14, 16, 19, 20, 24, 30, 31, 37, 42, 49, 53, 73, 78, 92, 96, 106, 126, 131, 134, 145, 181, 201, 204, 206, 207
 Хиросима 11, 12, 62, 126
 Хорватия 175
- Цивольки зал. 14
- Чернобыль 3, 7, 9–12, 16, 17, 19, 24, 25, 29, 31, 33, 37, 54, 62, 70, 73, 78, 82, 90, 92, 96, 103, 106, 111, 120, 123, 128, 130, 131, 134, 138, 156, 159, 161, 164–182, 203, 207, 218
 Чехия 4, 16, 180, 222
 Читинская обл. 149
- Швеция 18, 31, 36, 45, 47, 50, 75, 106, 119, 168, 172, 173, 175, 180, 205
- Югославия 175
 Южная Корея 27, 184, 204, 222
 Южно-Африканская Республика 35, 36, 65, 66, 122, 161, 168, 207
 Южный Урал 161
 Юкка Маунтин 75
- Япония 4, 9, 10, 12, 16–18, 22, 27, 31, 39, 45, 50, 53, 71, 126, 131, 165, 168, 181, 184, 187, 188, 195, 201, 204, 205, 188, 195, 201, 204, 205, 222

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Аврорин Е. 9, 36
 Адамов Е. 38
 Алимов Р. 58
 Алферов Ж. 181
 Аннан К. 61
 Арбатов А. 64, 70

 Бандажевский Ю. 5
 Барадей М. 59
 Басби К. 49, 57, 234
 Бертелл Р. 127, 128, 129, 130
 Биер Д. 25
 Бисаро С. 138
 Бликс Г. 165
 Блоков И. 138
 Будда 64
 Булатов В. 5, 234
 Бодров О. 5, 82

 Валуев Н. 57
 Вернадский В. 105, 130, 211
 Волков В. 195

 Гельднер Р. 28
 Голдман А. 234
 Гофман Дж. 128, 130
 Грейб Р. 130
 Гроссман К. 5
 Гулд Дж. 234

 Д'арриго Д. 234
 Де Голль Ш. 197
 Денисовский Г. 234
 Десятков В. 234
 Диггес Ч. 58, 234

 Елохин А. 38
 Емельяненко А. 234
 Жилина Ю. 5

 Жириновский В. 54
 Зверев В. 58
 Зигерт Й. 5
 Золотков А. 5

 Иванов Б. 196
 Ильенко А. 164
 Исаков М. 57

 Капица П. 11, 36, 59
 Карпан Н. 5
 Качанов В. 38
 Киреева А. 37
 Кириенко С. 69
 Колесниченко О. 164
 Кононов Е. 38
 Корбляйн А. 5
 Крапивко Т. 164

 Крышев И. 234
 Кудрик И. 5, 58, 234
 Кузнецов В. 5, 37, 196, 234
 Кузьмин И. 92, 218

 Лавлок Дж. 54, 84, 95, 166
 Легасов В. 92, 218
 Лукашин Г. 38
 Лупандин В. 234

 Макнейл Д. 37
 Макхиджани А. 68, 77, 92, 101, 234
 Малышева П. 234
 Мариотт М. 5
 Маттес Ф. 234
 Меньшиков В. 5, 57
 Миллпойнтер К. 234
 Миронова Н. 5
 Михайлов В. 190
 Моиш Ю. 57

- Мотульский А. 164
Мур П. 60, 83, 87, 91, 93, 94, 104, 165
Мурогов В. 37
Мэриотт М. 234
- Назаров А. 234
Нестеренко А. 5, 37, 130, 138, 164, 182
Нестеренко В. 37, 130, 138, 164, 182
Никитин А. 5, 58, 234
Никоненков Н. 57
- Олсон М. 234
Оппенгеймер Р. 59
Острецов И. 195
- Петин В. 130
Пискунов М. 5, 28, 37, 38
Пономарев-Степной Н. 216
Попов В. 234
Преображенская Н. 37, 130, 138, 164, 182
Прокруст 213
- Рамберг Б. 35
Решетников Ф. 196
Рубинин П. 36, 69
Рябченко Н. 130
Рязанцев Е. 234
- Садовничик Т. 138
Салеска С. 234
Саркози Н. 97
Сафонкина Е. 5, 213
Сахаров А. 126, 130
Сливяк В. 5, 218, 219, 220, 221, 222, 224, 234
Соловьев С. 36, 202, 234
Стюарт А. 161
Субботин В. 37
- Суринов Б. 130
Сутягин И. 202
- Тимербаев Р. 70
Томас С. 222, 224
Торопов А. 2, 5
- Углев В. 5
- Феоктистов Л. 37
Ферми Э. 8
Фогель Ф. 164
Форофонтов И. 234
Фрогатт Э. 219, 220
- Хаксли О. 213
Харитон Ю. 68, 70
Хеглунд Л.- О. 13
Хижняк В. 234
Худолей В. 138
- Черноплектов А. 92, 218
Чеченов Х. 37, 234
Чикин М. 182
Чомчоев А. 5
Чупров В. 5, 82
- Шапхаев С. 5
Шерман Ж. 5
Шкрадюк И. 82
Шнайдер М. 5, 219, 220
- Щукин А. 5
- Якимец В. 57
Ярошинская А. 37, 130, 235
- Almond D. 182
Annan K. 70
- Bandazevsky Yu. 5, 164
Bawden T. 206

- Bear D. 25, 38
Bertell R. 130, 182
Busby Ch. 5, 164, 232
- Caldicott H. 235
Carson M. 215
Claussen A. 70
- Edlung L. 182
- Froggatt A. 235
- Gardini S. 223
Gloystein H. 206
Gould J. 228, 229
Guldner R. 38
- Hawthorne M. 130
Hesse-Honnegger C. 130
Hoffman W. 164, 231
Huxley A. 213
- Iyengar S. 223
Israelsson S. 92
Ivanov S. 233
Ivanov V. 233
- Johnston W. 37
- Klaasen F. 234
Koide Hiroaki 195, 196
Korblein A. 5, 164, 231
Kurokawa G. 223
- Landquist S. 92
Lovins A. 235
- Makhijami A. 69, 82, 92, 101
Makino M. 92
- Malko M. 182
Markevich A. 235
Mokrzycki M. 37
- Owada T. 92
- Palmer M. 182
Pflugbeil S. 70
Pisler E. 92
Pobel D. 202
Pokrovsky V. 233
- Sarkozy N. 97, 98
Sovacool V. 82, 92, 98, 217, 218, 223
Scherb H. 182
Schmitz-Fuerhake I. 70
Schneider M. 5, 235
Schutte T. 92
Sheikch J. 235
Smith G. 235
Sokolski H. 235
Sullivan J. 37
Sumner D. 231
Stewart A. 161
- Takeda M. 92
Thomas S. 235
Tsyb A. 233
- Viel J.- F. 202
Voigt K. 182
- Wallimann P. 130
Watson W. 231
Wertelecki W. 182
- Yamauchi M. 92

Научно-популярное издание

Яблоков Алексей Владимирович

**ЗА И ПРОТИВ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
(спор с атомщиками)**

Текст дан в авторской редакции

Подписано в печать 2.02.12. Формат 60x90/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Ньютон. Печать офсетная. Тираж 500 экз.

Изготовление оригинал-макета, компьютерная верстка, цветоделение
ООО «Медиа-ПРЕСС». 101833, Москва, Покровский б-р, д. 4/17, стр. 5.
Тел. (факс) (495) 624–74–34.