

## СРАВНЕНИЕ АВАРИЙНЫХ РИСКОВ В РАЗНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ: ЗАМЕЧАНИЯ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

*Статья "Сравнение аварийных рисков в разных энергетических системах: насколько они приемлемы?", опубликованная в "Бюллетене МАГАТЭ", том 41, № 1, 1999 г., вызвала замечания со стороны Министерства Российской Федерации по атомной энергии. Эти замечания были направлены в "Бюллетень МАГАТЭ" министром по атомной энергии в качестве "Письма редактору" от имени Л.А. Большова, члена-корреспондента Российской академии наук, директора Института безопасности ядерной энергетики Российской академии наук; Б.А. Габараева, директора Научно-исследовательского и конструкторского института энерготехники; Л.А. Ильина, члена Российской академии медицинских наук и директора Национального исследовательского центра "Институт биофизики"; и А.Ф. Цыба, члена Российской академии медицинских наук, председателя Российской научной комиссии по радиационной защите и директора Медицинского научно-исследовательского центра Российской академии медицинских наук. Данные замечания приводятся здесь вместе с полным перечнем предоставленных справочных материалов.*

*Авторы статьи в "Бюллетене МАГАТЭ" – Андрей Струнчевски, бывший сотрудник Отдела безопасности ядерных установок МАГАТЭ, в настоящее время председатель Комиссии по ядерной безопасности, Институт атомной энергии, Польша; и Штефан Хиришберг, руководитель Секции анализа рисков/безопасности, Институт Пауля Шеррера, Швейцария, – дают ответ на замечания (см. стр. 31).*

**Д**ля многих работ по анализу аварийных рисков разных энергетических систем в сравнении с ядерной энергией характерно использование определенных общих стереотипов. Например:

■ При оценке рисков, связанных с эксплуатацией подобных установок, игнорируются результаты усовершенствований реакторов РБМК, проведенных после чернобыльской аварии;

■ В комплексной оценке радиологических последствий чернобыльской аварии используются многочисленные исследования, в которых зачастую приводятся данные из недостоверных источников и необоснованные прогнозы, а также игнорируются многие социальные и политические факторы, которые существенно увеличили ущерб, причиненный аварией.

К сожалению, рассматриваемое исследование, несмотря на его актуальность и оригинальность подхода, также не лишено подобных недостатков.

**Усовершенствование реакторов РБМК.** После чернобыльской аварии на атомных электростанциях с реакторами РБМК осуществлялись беспрецедентные в мировой практике меры по реконструкции и повышению безопасности, которые продолжают по настоящее время. В соответствии с вероятностными оценками безопасности (ВОБ), проведенными с помощью международных экспертов [1, 2], вероятность серьезных аварий на реакторах РБМК уменьшилась примерно на два порядка и более благодаря упомянутым выше мерам.

Средневзвешенный индекс безопасности для всех действующ-

щих реакторов РБМК составляет  $10^4$  1/год и снижается благодаря проводимой и планируемой реконструкции всех блоков. Все действующие атомные электростанции с реакторами РБМК находятся, таким образом, на одном уровне с успешно эксплуатируемыми советскими реакторами ВВЭР, а также с западными реакторами на кипящей воде (BWR) и реакторами с водой под давлением (PWR) и соответствуют рекомендациям МАГАТЭ в отношении степени риска для атомных электростанций старшего поколения.

**Радиологические последствия чернобыльской аварии.** Авторы статьи в *Бюллетене МАГАТЭ* приводят оценки отдаленных радиологических последствий чернобыльской аварии, колеблющиеся от 10 тыс. до 30 тыс. летальных исходов при заболевании раком, индуцированным радиацией, а литература по данной проблеме содержит и более экстремальные оценки. Однако наш 14-летний опыт в области дозиметрического и медицинского мониторинга населения и ликвидаторов аварии вынуждает нас достаточно критически относиться к подобным оценкам.

В основе всех оценок такого рода лежит линейная беспороговая модель, полученная посредством линейной экстраполяции зависимости доза–эффект по мере снижения от уровня высоких доз до уровня малых доз. Достоверность такого подхода является в высшей степени спорной. Все доступные данные (обширный мониторинг десятков тысяч рабочих в ядерной промышленности различных стран и жертв ядерных бомбардировок в Японии) указывают на отсутствие количественного роста случаев онкологических заболеваний при кратковременном облучении всего организма

дозами менее 0,1 Зв. С учетом эффекта разбавления в условиях хронического облучения данный уровень может составить 0,2–0,5 Зв. В настоящее время нет каких-либо оснований предполагать, что поддающееся изменению превышение числа онкологических заболеваний и генетического ущерба возможно при дозе облучения ниже этого практического порога [3].

В случае принятия данного порога концепция коллективной дозы может быть практически проигнорирована при оценке риска стохастических эффектов от воздействия малых и сверхмалых доз облучения в больших группах населения [3].

Принимая во внимание специфические особенности доз облучения, полученных населением и ликвидаторами последствий чернобыльской аварии, а также обусловленные ими различия в методах прогнозирования и оценки радиологических последствий, их необходимо рассматривать по отдельности.

**Радиологические последствия для населения.** В течение первых нескольких лет после аварии ее радиологические последствия для населения оценивались по всему диапазону доз, включая наиболее загрязненные области (так называемая зона строгого контроля с населением около 270 тыс. человек), для населения девяти загрязненных областей (15,6 млн.) и население европейской части СССР (74,9 млн.) [4]. В данном исследовании использовались весьма консервативные оценки доз облучения, проведенные в 1988 г. Тем не менее они указывали на то, что не следует ожидать сколь-либо заметного роста уровня смертности от индуцированных ионизирующим излучением неоплазм по сравнению со спонтанным уровнем, за исключением последствий, связанных

с облучением щитовидной железой. Впоследствии данные оценки доз, полученных населением, были пересмотрены в сторону снижения с целью учета реальной эффективности применяемых мер защиты. Уже полученные населением дозы внутреннего и внешнего облучения стали играть постоянно возрастающую роль в учете пожизненной дозы. В то же время в оценках начали применяться более высокие коэффициенты риска дополнительных летальных исходов (публикация № 60 Международной комиссии по радиологической защите). В 90-х гг. коллективная доза облучения для 7,2 млн. человек бывшего Советского Союза, проживавших в пределах изолинии в 37 кБк/км<sup>2</sup> (1 Ки/км<sup>2</sup>), составила 70 тыс. чел. · Зв, а число гипотетических заболеваний раком с летальным исходом, полученное с применением линейной беспороговой гипотезы, равнялось, согласно расчетам, примерно 3500. Данная цифра составляет 0,35% от 1 млн. ожидаемых случаев спонтанного заболевания раком с летальным исходом в данной категории [5].

В соответствии с последними оценками за 13 лет после аварии эффективные дозы являются сравнимыми с суммарными дозами, накопленными за тот же период из естественных и медицинских источников (>50 мЗв) только лишь в наиболее загрязненных районах Беларуси, России и Украины [где плотность загрязнения почвы цезием-137 превышает 555 кБк/м<sup>2</sup> (15 Ки/км<sup>2</sup>)]. Общее число жителей, получивших суммарные дозы свыше 50 мЗв, составляет примерно 100 тыс. Учитывая тот факт, что большинство внутренних и внешних доз облучения к настоящему времени уже получено, коллективная пожизненная доза для этой категории населения не

превысит 7 тыс. чел. · Зв. Если принять в качестве пожизненного коэффициента для риска радиогенетических раковых заболеваний с летальным исходом  $5 \cdot 10^{-2} \text{Зв}^{-1}$ , гипотетическое число ожидаемых летальных случаев неоплазм, индуцированных ионизирующим излучением, может достичь 350. Необходимо иметь в виду, что данная оценка относится к полученным населением индивидуальным дозам облучения, которые в 3–5 раз ниже практического порога для надежного определения отдаленных последствий.

Огромное большинство из вышеупомянутых 7,2 млн. жителей бывшего Советского Союза проживает в районах, в которых уровень загрязнения почвы цезием составляет 30–70 кБк/м<sup>2</sup>. Суммарные и прогнозируемые дозы облучения для этой категории населения колеблются от нескольких долей мЗв до нескольких мЗв и составляют незначительную долю общего облучения, полученного от естественного фонового ионизирующего излучения и медицинских процедур (4 мЗв/год, из которых 2,8 мЗв приходится на естественные источники и 1,2 мЗв на медицинские процедуры). С учетом вышесказанного было бы неуместно включать эту группу в расчеты коллективной дозы и оценку риска.

Как и прогнозировалось, несколько лет спустя после чернобыльской аварии отмечался резкий (десятикратный) рост нарушения функции щитовидной железы среди тех групп населения, которые получили наивысшие дозы облучения этого органа, т. е. среди детей и молодежи. Например, в Брянской области России на начало 2000 г. у 109 человек, находившихся в детском возрасте во время аварии, был обнаружен рак щитовидной железы (один из них

умер) [6]. В соответствии с прогнозом Российского национального медицинского дозиметрического регистра (РНМДР) к 2006 г. можно ожидать 360 случаев заболевания раком щитовидной железы среди категории людей, находившихся во время аварии в детском и юношеском возрасте. Роль радиационного фактора в индуцировании рака щитовидной железы определена. В отношении России это касается лишь людей, находившихся в детском возрасте во время аварии, и только в Брянской области: треть заболеваний обусловлена радиоактивным облучением, в то время как по меньшей мере 66% роста заболеваний раком щитовидной железы выявлено благодаря скринингу. Следует отметить, что по мере увеличения количества статистических данных оценки роли радиации снижаются: в ранних публикациях на счет радиации относились 85% диагностированных раковых заболеваний [7].

В действительности получил подтверждение тот факт, что за все годы после чернобыльской аварии какого-либо существенного расхождения как в общем уровне смертности, так и в уровне смертности от онкологических заболеваний среди населения загрязненных районов России не обнаружено. С точки зрения статистики не существует значительной разницы между данными по риску летального исхода от злокачественных неоплазм, включая лейкозы, среди населения Брянской области – наиболее загрязненной территории в России – до и после аварии и данными по России в целом.

Заболееваемость злокачественными опухолями среди взрослого населения загрязненных районов России постоянно возрастает, как и по всей России. Однако сравнения доаварийного и после-

аварийного периодов и межрегиональные сравнения показывают, что чернобыльский фактор не оказал никакого влияния на этот рост [8].

#### **Радиологические последствия для ликвидаторов.**

Расхождения в прогнозировании роста раковых заболеваний и смертности среди ликвидаторов возникают в основном из-за разницы в оценках численности ликвидаторов в различные годы после аварии и распределения дозовых нагрузок среди членов этой группы.

В настоящее время около 600 тыс. человек в Беларуси, России и Украине имеют удостоверение ликвидаторов. В действительности же в операциях по очистке территории в 30-километровой зоне принимало участие почти втрое меньшее число людей в годы, когда дозы облучения могли иметь существенное значение для прогнозирования отдаленных последствий. Дозы свыше 100 мЗв в 1986–1987 гг. могли быть получены лишь некоторым числом ликвидаторов – в целом менее 250 тыс. человек. Согласно довольно консервативным оценкам РНМДР, повышение смертности, которое можно ожидать в результате заболевания радиогенным раком, составляет порядка 1 тыс. летальных исходов на 250 тыс. ликвидаторов в целом для трех стран [7]. Важно отметить, что во всех аналогичных оценках используются паспортные данные по дозам, т. е. официально подтвержденные величины доз внешнего облучения, полученные каждым ликвидатором. Для определения этих величин применялись как инструментальные методы, так и формальные процедуры.

Существуют также более детальные оценки средних индивидуальных и коллективных доз облучения, полученных ликвида-

торами [9–11], в которых учитываются методы проведения дозиметрического мониторинга во всех учреждениях и ведомствах, участвовавших в работе. В соответствии с данными исследований [11] средняя доза облучения среди 117 тыс. ликвидаторов в 1986 г. составляла 0,083 Гр, а коллективная доза – 9888 чел.·Гр; в 1987 г. эти показатели составляли 0,047 Гр и 5100 чел.·Гр, соответственно. Исходя из этого, коллективная доза облучения, полученная ликвидаторами в 1986–1987 гг. (14 900 чел.·Гр), может вызвать около 600 дополнительных случаев летального исхода от заболевания раком, если использовать линейную гипотезу.

Таким образом, можно прогнозировать 600–1000 случаев летального исхода от заболевания раком среди ликвидаторов во всех трех странах, вызванного в 1986–1987 гг. чернобыльской аварией.

Время, прошедшее с момента аварии, показало, что мы в большей степени можем полагаться на результаты медицинского мониторинга группы ликвидаторов. В целом 180 тыс. российских ликвидаторов подвергались мониторингу в 1986–1989 гг. в рамках РНМДР. Факты показывают, что общий уровень смертности среди ликвидаторов был статистически ниже, чем уровень смертности среди контрольной группы населения в течение всех лет после аварии. Это можно отнести частично на счет “эффекта здорового рабочего”, улучшенного лечения и т. п. Никакой взаимосвязи между дозой облучения и уровнем смертности не обнаружено.

Мы прогнозировали, что общий дополнительный рост уровня смертности от онкологических заболеваний будет на 3–4% выше спонтанного уровня

[3, 7]. Таким образом, можно говорить о статистически надежном свидетельстве подобного превышения, связанного с чернобыльской аварией, только по редким видам злокачественных опухолей (лейкемия и рак щитовидной железы) и то лишь после проведения тщательного эпидемиологического исследования, основанного, в частности, на надлежащем сравнении последствий в изучаемой и контрольной группах.

Это подтверждается фактами. Статистически значимого роста числа онкологических заболеваний и уровня смертности выше спонтанного уровня не отмечается.

Существует статистически надежное подтверждение роста смертности от лейкемии среди российских ликвидаторов. Согласно данным РНМДР, имеются подтверждения 48 случаев лейкемозов в группе российских ликвидаторов за 1986–1987 гг., из которых один из каждых двух случаев считается индуцированным ионизирующей радиацией. Здесь следует подчеркнуть, что пик радиогенных лейкемозов пришелся на период от четырех до пяти лет после аварии [10].

Таким образом, общее число гипотетических случаев летальных исходов от раковых заболеваний среди населения и ликвидаторов находится в пределах 1000–4500 в случае применения линейного беспорогового подхода. Это ниже минимальной оценки (от 10 тыс. до 30 тыс. случаев), предложенной авторами в упомянутой статье. Следовательно, масштабы аварийного риска для реакторов РБМК [с точки зрения летальных исходов/ГВт.(эл.) год (см. *Бюллетень МАГАТЭ*, т. 41, № 1, стр. 27)] также будут различными. Применение предложенного практического порога для оценки риска (0,1 Зв в случае ост-

рого облучения и 0,2–0,5 Зв в случае хронического облучения) позволит сократить эти показатели на порядок – от 10 до 10<sup>2</sup>.

Наряду с методологическими сложностями определения социальной значимости таких низких уровней рисков необходимо принимать во внимание следующее обстоятельство. Упомянутые выше группы подвергаются другим многочисленным рискам, включая радиационные риски, большая часть которых может быть существенно сокращена. Эти факторы включают риски, связанные с медицинскими процедурами, наличием радона в жилых помещениях, химическим загрязнением окружающей среды, качеством пищевых продуктов, жизненным уровнем и медицинским обслуживанием. □

#### **Справочные материалы:**

1. *Barselina Project, Phase 3, Summary Report, Ignalina Unit 2, Probabilistic Safety Analysis (June 1994).*
2. *Вероятностный и детерминистский анализ безопасности 2-го блока Ленинградской атомной электростанции, краткий отчет, ЛПП 150 (январь 1999 г.).*
3. *Ильин Л.А. Радиобиология и радиационная медицина – проблемы и перспективы взаимодействия в контексте регулирующей деятельности, касающейся ионизирующего излучения, "Медицина, радиология и радиационная безопасность", № 1 (1998 г.), стр. 8–17.*
4. *Pin, L.A., et. al., Radiocontamination Patterns and Possible Health Consequences of the Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant, J. Radiol. Prot. 10, 1 (1990), 3–29.*
5. *Ильин Л.А. Правила по радиационному воздействию, радиационная нагрузка на население и медицинские последствия чернобыльской аварии, "Медицина,*

*радиология и радиационная безопасность", № 12 (1991 г.), стр. 9–18.*

6. *Ivanov, V.K., Gorsky, A.I., Tsyb, A.F., Maksuytov, M.A., and Rastopchin, E.M., Dynamics of Thyroid Cancer Incidence in Russia Following the Chernobyl Accident, J. Radiol. Prot. 19, 4 (1999), 305–318.*

7. *Цыб А.Ф., Медицинские последствия чернобыльской аварии, "Медицина, радиология и радиационная безопасность", № 1 (1998 г.), стр. 18–23.*

8. *Линге И.И., Мелхова Е.М., Губанов В.А. Уровни смертности в России и ядерная энергия как фактор риска, Известия Академии наук: Энергетика, № 1 (1999 г.), стр. 100–120.*

9. *Ретроспективная дозиметрия ликвидаторов чернобыльской аварии, СЕДА-СТИЛЬ, Киев (1996 г.), стр. 234.*

10. *Цыб А.Ф., Иванов В.К. Оценка медицинских последствий чернобыльской аварии на основе данных РНМДР. "Международный журнал радиационной медицины", № 1 (1999 г.), стр. 39–48.*

11. *Ильин Л.А., Крючков В.П., Осанов Д.П., Павлов Д.А. Облучение ликвидаторов чернобыльской аварии за 1986–1987 гг. и проверка дозиметрических данных. "Радиационная биология и радиозоология", № 35/36 (1995 г.), стр. 803–882.*

---

#### **Информация для контакта:**

Г-н Б. Габараев, Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники, п/я 788, Москва 101000, Российская Федерация.  
Факс: +(095) 975-2019. Email: tam-gonti@entec.ru  
Адрес Министерства Российской Федерации по атомной энергии: ул. Большая Ордынка, 24/26, Москва, 109107, Российская Федерация.

## ОТВЕТ АВТОРОВ НА ЗАМЕЧАНИЯ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

**М**ы благодарны российским специалистам за их замечания по нашей статье. Признавая прогресс, достигнутый в области сокращения рисков на реакторах РБМК, приветствуем новые данные по радиологическим последствиям чернобыльской аварии. Тем не менее подтверждаем правильность нашей статьи. В частности:

■ мы отмечаем неверное понимание использовавшейся нами методологии для сравнительной оценки;

■ мы ставим под сомнение заявление о том, что безопасность всех действующих реакторов РБМК “находится на одном уровне с западными реакторами BWR и PWR”;

■ мы подчеркиваем, что в основе всех расхождений между нашим отчетом и российской оценкой радиологических последствий лежит использование отличной от нашей исходной посылки в оценке последствий малых доз облучения для здоровья человека.

Для ознакомления с деталями нашего анализа рекомендуем обратиться к первоначальному исследованию, проведенному Институтом Пауля Шеррера (ИПШ) в Швейцарии [1].

**Подход к исследованию.** В основе сравнительного исследования ИПШ лежит в первую очередь оценка исторического опыта в области аварий за период 1969–1996 гг. Важные усовершенствования в области безопасности реакторов РБМК, осуществленные в последнее время, не были включены в данную оценку, поскольку исследование ИПШ (и наше сообщение) не ставило целью проведение оценки современного уровня их безопасности и в любом случае они были ограничены лишь рамками 1969–1996 гг. Анало-

гичный подход применялся в данном исследовании для оценки эксплуатационных параметров систем, работающих на ископаемом топливе, и гидросистем, т. е. новейшие усовершенствования в области безопасности, которые могли быть внедрены на практике, не подвергались специальному рассмотрению. Что касается западных реакторов, то в исследовании применялась вероятностная оценка безопасности (ВОБ) 3-го уровня, поскольку на этих реакторах, к счастью, не было серьезных аварий с фатальными последствиями. Подобный тип ВОБ использовался также ввиду радикальных отличий соответствующих конструкций электростанций и условий их эксплуатации от Чернобыльской и других атомных электростанций с реакторами РБМК. Во время проведения исследования ИПШ никакого 3-го уровня ВОБ для реакторов РБМК не существовало, и, насколько нам известно, нет его и сейчас. Иначе он был бы, безусловно, принят во внимание.

**Безопасность реакторов РБМК.** Частота повреждения активной зоны РБМК существенно снизилась по сравнению с первоначальными высокими уровнями, что и отрадно, и необходимо. Небольшое число ВОБ, проведенных в последнее время для реакторов РБМК, содержат полезную информацию по идентификации слабых мест в конструкции и эксплуатации этих реакторов и установлению очередности их устранения. Однако масштабы таких ВОБ продолжают оставаться ограниченными как в отношении исходных событий потенциальных аварий (важные внешние события не получили должного изучения), так и потому, что в них не учитывается состояние реак-

торов в процессе их эксплуатации на малой мощности и в режиме остановки. Кроме того, существуют большие различия между Игналинской и Ленинградской АЭС с точки зрения как оцененной частоты повреждения активной зоны, так и масштабов реального внедрения усовершенствований в области безопасности.

Хотя система локализации аварии РБМК, особенно на блоках третьего поколения, и была усовершенствована, тем не менее атомные электростанции с реакторами РБМК все еще в полной мере не оснащены защитной оболочкой, в отличие от LWR, что предполагает соответствующую вероятность крупномасштабных выбросов радиоактивности в случае повреждения активной зоны. Реакторы РБМК также не оборудованы полностью независимой резервной системой их остановки. Таким образом, общее утверждение, что реакторы РБМК “находятся на одном уровне с западными реакторами BWR и PWR”, представляется, с нашей точки зрения, по меньшей мере спорным.

**Радиологические последствия чернобыльской аварии.** Наша оценка от 9 тыс. до 33 тыс. случаев латентных заболеваний раком со смертельным исходом базируется в основном на оценке ЕК/МАГАТЭ/ВОЗ [2] и на данных Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН) [3]. В нашей работе был использован также обзор литературы, охватывающий около 140 материалов, включая многочисленные работы российских авторов. В своей статье мы подчеркивали, что наша оценка является консервативной.

Результат оценки российских специалистов составляет, в соответствии с их замечаниями, от 1000 до 4500 летальных исходов, т. е. на один порядок ниже по сравнению с нашей оценкой. Российские специалисты отме-

чают отсутствие роста поздних проявлений раковых заболеваний, а также тот факт, что смертность среди ликвидаторов является более низкой по сравнению с населением в целом. Эти заявления, исходящие из компетентных источников в российской радиационной медицине, представляются весьма важными. Упомянутые выше специалисты отмечают в основном отсутствие свидетельств какого-либо измеримого превышения онкологических заболеваний или генетических нарушений при дозах ниже 0,1 Зв для острого облучения и 0,2 Зв для хронического облучения.

Мы согласны с этими утверждениями и поддерживаем вывод о том, что внедрение "практического порога" для расчета доз в значительной мере сократило бы оценочные потенциальные последствия аварии для здоровья людей. Однако приведенная в нашей статье оценка была основана на применении линейной беспороговой гипотезы (ЛБП). Данная гипотеза, несмотря на ее консервативный характер, является основой, рекомендованной такой компетентной организацией, как Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ).

Гипотеза ЛБП не была принята во внимание в оценках, сделанных российскими специалистами для представленных ими как нижних, так и верхних пределов. Принятый российскими специалистами подход не учитывал вклада в индивидуальные дозы облучения доз ниже 50 мЗв. Это упущение означает, что они не учли потенциальные последствия для здоровья эвакуированных лиц; групп населения в зоне строгого контроля; 6,8 млн. граждан бывшего Советского Союза, проживавших на загрязненных территориях; рабочих аварийных бригад в 1988–1990 гг.; и для населения всего Северного полушария, получившего после аварии малые дозы облучения.

Согласно проведенной ЕК/МАГАТЭ/ВОЗ оценке верхнего уровня латентных летальных исходов от раковых заболеваний, из общего числа в 33 тыс. случаев 23 тыс. случаев были отмечены среди населения Северного полушария. В исследовании ИПШ отмечается, что оценочное число летальных исходов было бы значительно ниже в случае принятия порога индивидуальной дозы, равного 50 мЗв в год, или пожизненной дозы в 0,1 Зв.

Таким образом, основное различие между оценкой ЕК/МАГАТЭ/ВОЗ и замечаниями, представленными российскими специалистами, вытекает не из оценок доз облучения. Оно, скорее всего, возникает вследствие разницы в подходе. Российские специалисты не учитывают дозы облучения, сравнимые с дозами, полученными в течение жизни в результате медицинской практики или высокого фонового излучения, в то время как в оценке ЕК/МАГАТЭ/ВОЗ и исследовании ИПШ они принимаются во внимание. *Подход российских специалистов, основанный на пороговой гипотезе, может быть правильным, и мы лично считаем обоснованным его применение для обеспечения наиболее точных оценок.*

Однако в основе нашей статьи в *Бюллетене МАГАТЭ* лежит оценка ЕК/МАГАТЭ/ВОЗ. Она была сделана в соответствии с гипотезой ЛБП и содержит консервативный верхний предел латентных летальных исходов от онкологических заболеваний, который соответствует общим исходным посылкам, принятым в рамках сравнительных исследований энергетических систем.

В целом мы рассматриваем реакцию российских специалистов не как возражение против нашей статьи и содержащихся в ней общих выводов, а скорее как возможность для проведе-

ния более глубокого профессионального обсуждения логического обоснования подхода ЛБП. Данный вопрос выходит далеко за рамки оценки числа потенциальных летальных исходов, которые можно было бы отнести на счет чернобыльской аварии; он имеет отношение к дискуссиям о будущем ядерной энергии. □

#### **Справочные материалы:**

1. Hirschberg S., Spiekerman G., and Dones R., "Severe Accidents in the Energy Sector", PSI Report Nr. 98-16, Villigen, Switzerland (1998).
2. "Background Papers 1–8" of the EC/IAEA/WHO International Conference: "One Decade after Chernobyl – Summing up the Consequences of the Accident", Vienna, 8-12 April 1996, IAEA Proceedings Series, Vienna (1996).
3. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), "1993 Report to the General Assembly, with scientific annexes", United Nations sales publication E.94.IX.2, New York (1993).

#### **Информация для контакта:**

Stefan Hirschberg, Paul Scherrer Institute, CH-5232 Villigen PSI, Switzerland. Email: stefan.hirshberg@psi.ch

Andrzej Strupczewski, Institute of Atomic Energy, Poland, 05-400 Otwock-Swierk, Poland. Email: A.Strupczewski@cyf.gov.pl

*Для читателей, имеющих доступ в Интернет, статью авторов по сравнительному анализу риска можно найти на страницах "Бюллетеня МАГАТЭ" на Web-сайте Агентства WorldAtom: [www.iaea.org](http://www.iaea.org). См. секцию периодических изданий сайта. Конкретный Web-адрес статьи: [www.iaea.org/worldatom/Periodicals/Bulletin/Bull411/index.html](http://www.iaea.org/worldatom/Periodicals/Bulletin/Bull411/index.html).*