

УДК 621.039.586

АВАРИЯ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС: КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ И ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Беляев С.Т., Демин В.Ф., Осмачкин В.С. (РНЦ «Курчатовский ин-т»)

Прошло более 11 лет после аварии на Чернобыльской АЭС. За эти годы накоплен значительный опыт по проведению мероприятий, направленных на ликвидацию ее последствий. Этот опыт дополняется проводимыми научными исследованиями и разработками. Имеются многочисленные публикации по различным аспектам ликвидации последствий аварии. В 1995—1997 гг. в связи с 10-й годовщиной состоялось несколько национальных и международных конференций [1—4], на которых был обобщен опыт ликвидации ее последствий, подведены итоги НИР, выполненных в рамках национальных и международных программ или проектов. В материалах конференций и публикациях можно найти подробную информацию о практических действиях по ликвидации последствий аварии, результатах НИР и их критическом анализе. Одной из основных задач НИР является использование опыта и результатов НИР для разработки и обоснования чернобыльской программы ликвидации последствий аварии на заключительной восстановительной фазе и необходимых мер по готовности в случае возможных будущих аварийных ситуаций. К сожалению, эта задача до сих пор не решена в полном объеме в обеих своих частях. В связи с этим сохраняет актуальность критический анализ опыта и результатов НИР.

В настоящем докладе сделана попытка такого анализа в части защиты окружающей среды и здоровья населения.

Роль политической и социально-экономической обстановки. При анализе помимо научно-технических аспектов необходимо рассматривать и факторы политического и социально-экономического характера. Последние оказали и продолжают оказывать существенное, а в некоторых случаях определяющее влияние на принятие решений по ликвидации последствий аварии, эффективность и действенность тех или иных противоаварийных мероприятий.

Начавшиеся с конца 80-х годов перестройка и гласность, политическая и экономическая дезинтеграция СССР сделали невозможным принятие адекватных и обоснованных решений. Во многих случаях принятие решений диктовалось эмоциональным антиядерным настроем населения, общественных организаций и средств массовой информации, а не трезвым расчетом, научной проработкой или просто здравым смыслом. Неожиданность, катастрофические масштабы, растерянность части ученых и неадекватные действия и объяснения властей изменили положительные представления населения об атомной энергии на прямо противоположные. Засекреченность, чего было в избытке, дала простор для появления в обществе слухов, страха, паники и истерии. Обстановка секретности была особенно сильной в первый год после аварии. В результате у населения было потеряно доверие к рекомендациям и предложениям ученых и специалистов в области атомной техники, радиологии, медицины. В пострадавших районах возникла социальная напряженность. Ей способствовали разноречивость высказываний в средствах массовой информации, особенно по медицинским аспектам, ученых и специалистов различного профиля, недостаточно знакомых с эффектами радиационного воздействия на человека и окружающую среду, и отсутствие объективной и понятной населению информации о действительном положении дел.

Под влиянием всех этих причин в 1991 г. при принятии основных регулирующих документов ликвидации последствий аварии была допущена радикальная ошибка: в них вопреки рекомендациям специалистов были введены положения, приведшие к необоснованному ужесточению политики радиационной и социальной защиты и сначала формально, а затем и фактически к значительному увеличению масштабов аварии. В связи с этим число областей в РФ, часть территории которых была признана по-

страдавшей в результате аварии, увеличилось с 4 до 17, численность населения на этих территориях — со 150—200 тыс. до примерно 2,6 млн чел. Все это привело в свою очередь к росту и распылению затрат, исключительно неэффективному их расходованию и породило дополнительные социальные проблемы, усугубившие отрицательные последствия аварии.

В 1991 г. создалась парадоксальная ситуация: вместо перехода к политике восстановления и реабилитации, как того требовали реальная обстановка и рекомендации специалистов, произошло резкое необоснованное увеличение масштаба работ по ликвидации последствий. Последствия этой ошибки сохраняются до сих пор и затрудняют принятие адекватных решений по реабилитации пострадавших территорий и восстановлению нормальной жизни.

Регулирующие и научно-методические документы. Управление контрмерами после аварии на Чернобыльской АЭС выполнялось в условиях, когда в некоторых важнейших аспектах регулирующие документы не были ни закончены, ни совершенны, особенно в отношении мер защиты населения на промежуточной и долговременной фазах послеаварийного периода. То же можно сказать и относительно их научного обоснования и необходимого для практики послеаварийного вмешательства методического базиса: руководств, рекомендаций, методик и т.д., в частности, методик оценки последствий тяжелой ядерной аварии, от оценки дозы облучения до оценки риска. Наряду с другими причинами это приводило к большим просчетам в оценке и прогнозе последствий и принимаемых решениях и давало простор для спекуляций и некомпетентных суждений. Достаточно напомнить огромные расхождения в оценке экономических последствий аварии, в сообщениях о воздействии на здоровье населения и т.п.

В последние годы национальными и международными организациями разработаны новые регулирующие документы, в которых учитывается накопленный опыт [5—10]. Однако эти документы нуждаются в дальнейшем развитии [11]. Все они основаны на дозовом подходе с использованием в качестве основного дозового показателя эффективной дозы. Национальные документы в основном относятся только к долгосрочной фазе после радиационной аварии. В современных международных рекомендациях глубоко и обоснованно разработаны с учетом послечернобыльского опыта положения, непосредственно относящиеся к мерам радиационной защиты. Для регулирования этих мер на разных послеаварийных фазах предложены уровни вмешательства в терминах дозы, предотвращенной в результате принятия отдельной защитной меры. Однако в рекомендациях нет положений, относящихся к социальной защите пострадавшего населения в широком смысле этого слова (регулирование социальных, медицинских, экономических и других мер). Отсутствуют, в частности, уровни принятия решения по полученной в результате аварии дозе облучения. В любом случае разделы по социальной защите должны присутствовать в комплексе документов, регулирующих защиту населения от последствий ядерной аварии. В противном случае при любой возможной будущей ядерной аварии может произойти потеря оптимального управления в результате некомпетентного вмешательства общественных и государственных органов, как это произошло после аварии на Чернобыльской АЭС. Понимание этого обстоятельства является одним из ее уроков.

Оценка последствий аварии для здоровья населения. Одним из уроков ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС является осознание необходимости в оценке последствий ядерной аварии рассматривать как радиационный, так и нерадиационный риск. Основное назначение результатов оценки риска — поддержка принятия решений по защитным и восстановительным мерам. Подробно необходимость оценки и анализа риска и направления развития методического базиса и компьютерного комплекса рассматривается, например, в работах [12, 13].

РНЦ «Курчатовский институт» совместно с другими организациями с 1994 г. разрабатывает методологию анализа риска и ЭВМ-программный комплекс для оценки и анализа риска от различных источников радиационной и нерадиационной природы.

Этот комплекс определяется как банк данных по анализу риска БАРД. Работа выполняется в рамках государственной программы НИР МЧС России (алтайская и чернобыльская части), а также частично международных проектов (проект JSP2, ЕС—СНГ, 1992—1995, проект России «Развитие методологии и базы данных» в рамках координируемой МАГАТЭ исследовательской программы «Сравнение риска для населения и окружающей среды от разных энергопроизводств», 1994—1997 и др.).

Назначение БАРД:

оценка радиационных и нерадиационных последствий ядерных аварий, испытаний ядерного оружия и т.п., анализ эффективности защитных мер для населения пострадавших территорий;

оценка риска от радиационного облучения любого типа и любой временной зависимости;

оценка состояния здоровья населения в медико-демографических показателях и показателях риска;

оценка и сравнение риска разного энергопроизводства.

БАРД включает:

исходную базу медико-демографических данных, необходимых для расчета радиационного и нерадиационного риска, а также описания состояния здоровья населения в различных медико-демографических показателях и показателях риска;

служебные и расчётные ЭВМ-программы.

В БАРД используются следующие модели радиационного риска: BEIR V [14], UNSCEAR-94 [15] для β -, γ -излучения, BEIR IV [16] — рак легких от облучения радоном и продуктами его распада, NCRP85 (USA) [17] — рак щитовидной железы вследствие внешнего облучения с низкой линейной передачей энергии и внутреннего облучения от $^{125-135}\text{I}$, UNSCEAR-88 [18], UK NRPB [19] — генетические эффекты.

Источником данных о стохастических эффектах ионизирующего излучения являются эпидемиологические исследования групп облученных лиц (когорт), к которым относятся:

когорта лиц, пострадавших в результате атомной бомбардировки японских городов Хиросима и Нагасаки;

пациенты, получившие относительно высокую дозу облучения в различных терапевтических целях;

профессиональные работники, деятельность которых связана с возможностью значительного облучения (радиологи, специалисты радиационно опасных производств установок, горняки и т.п.).

Результаты этих исследований, а также радиобиологических экспериментов на животных использовались для разработки указанных моделей радиационного риска. В моделях учитывается зависимость радиологических эффектов от пола, возраста облучаемых лиц, интенсивности дозовой нагрузки и времени проявления эффектов.

Выходные данные (результаты оценки риска по БАРД) в соответствии с методологией анализа риска — это различные показатели риска на когортном (индивидуальном) или популяционном уровнях:

пожизненный риск (вероятность смерти или заболевания от рассматриваемого источника риска в течение всей предстоящей жизни) или риск в ограниченный интервал времени;

ущерб здоровью человека, выражаемый годами потерянной здоровой жизни вследствие действия данного источника риска, на когортном (индивидуальном) или популяционном уровнях;

смертность или заболеваемость как результат действия данного источника риска в некоторой когорте людей со специфическим половозрастным составом или в общей популяции в течение некоторого интервала времени;

медицино-демографические показатели (стандартизованные и интенсивные показатели смертности и заболеваемости от различных факторов риска в их динамике, продолжительность жизни населения и ее возможные вариации и др.).

Более подробную информацию о развитии методологии анализа риска и БАРД можно получить через Internet: <http://nsi.net.kiae.su/RISK/risk.html>.

На рис. 1—4 приведены некоторые результаты оценки риска, сделанные по БАРД для территории Брянской области с относительно высоким уровнем радиоактивного загрязнения в результате аварии на Чернобыльской АЭС (≥ 30 Ки/км² по ^{137}Cs) с использованием медицинско-демографических данных для сельского населения Брянской области (1989 г.), и оценок дозы для выбранной территории из отчетов программы НИР МЧС РФ, международного проекта JSP2 за 1992—1995 гг. и публикаций [20—22]. Расчеты сделаны с использованием модели радиационного риска BEIR V с учетом и без учета принятых контрмер. Большая часть расчетов выполнена для возрастной группы $a = 0—25$ лет (1986 г.) как основного носителя популяционного радиационного

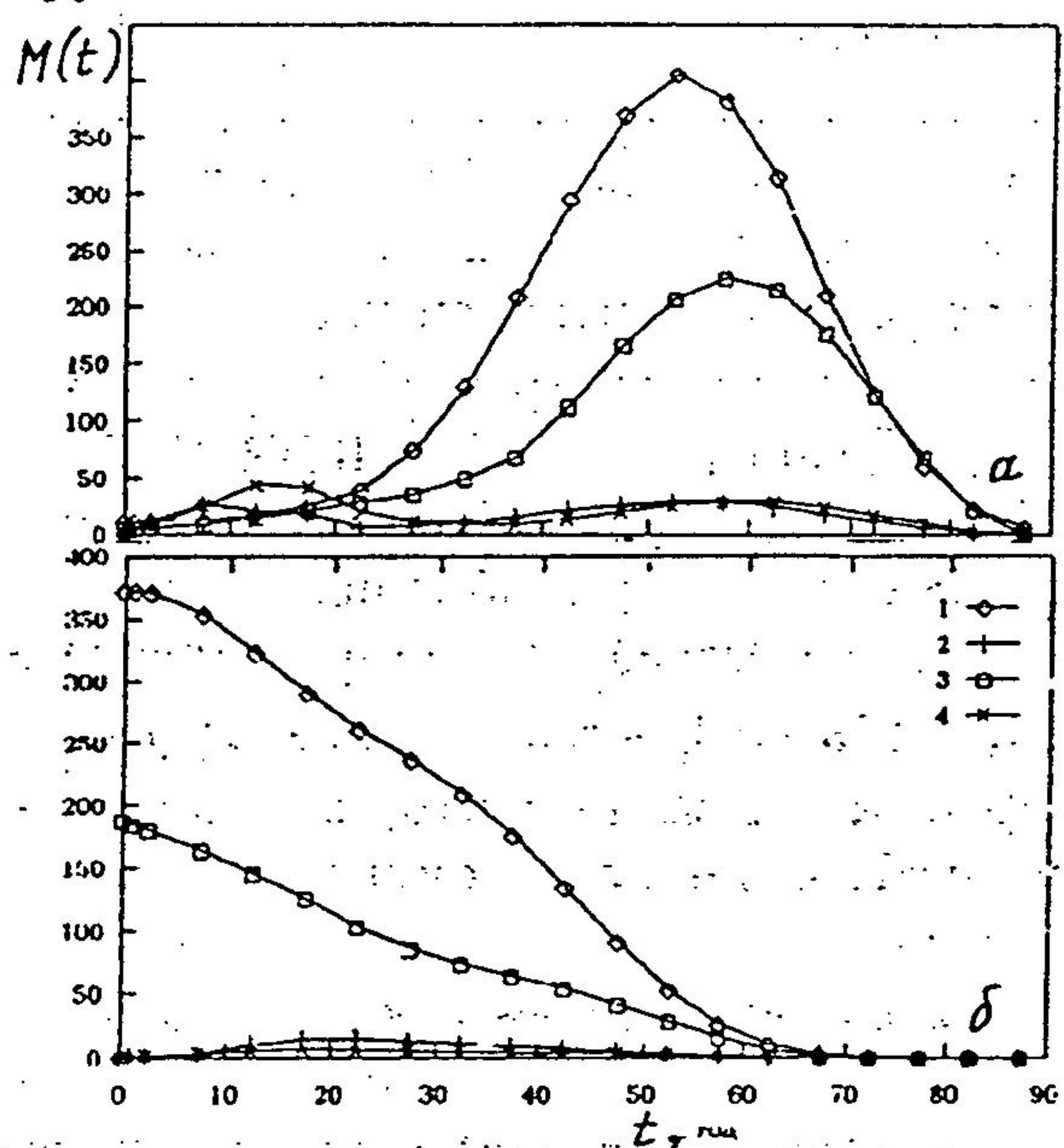


Рис. 1. Годовая смертность $M(t)$ от спонтанного (1, 3 — мужчины и женщины соответственно) и радиогенного рака вследствие аварии на Чернобыльской АЭС (2, 4 — мужчины и женщины соответственно) на 100 тыс. чел. в возрасте 0—25 (а), свыше 25 лет (б) на момент аварии без учета принятых контрмер как функция времени t после аварии

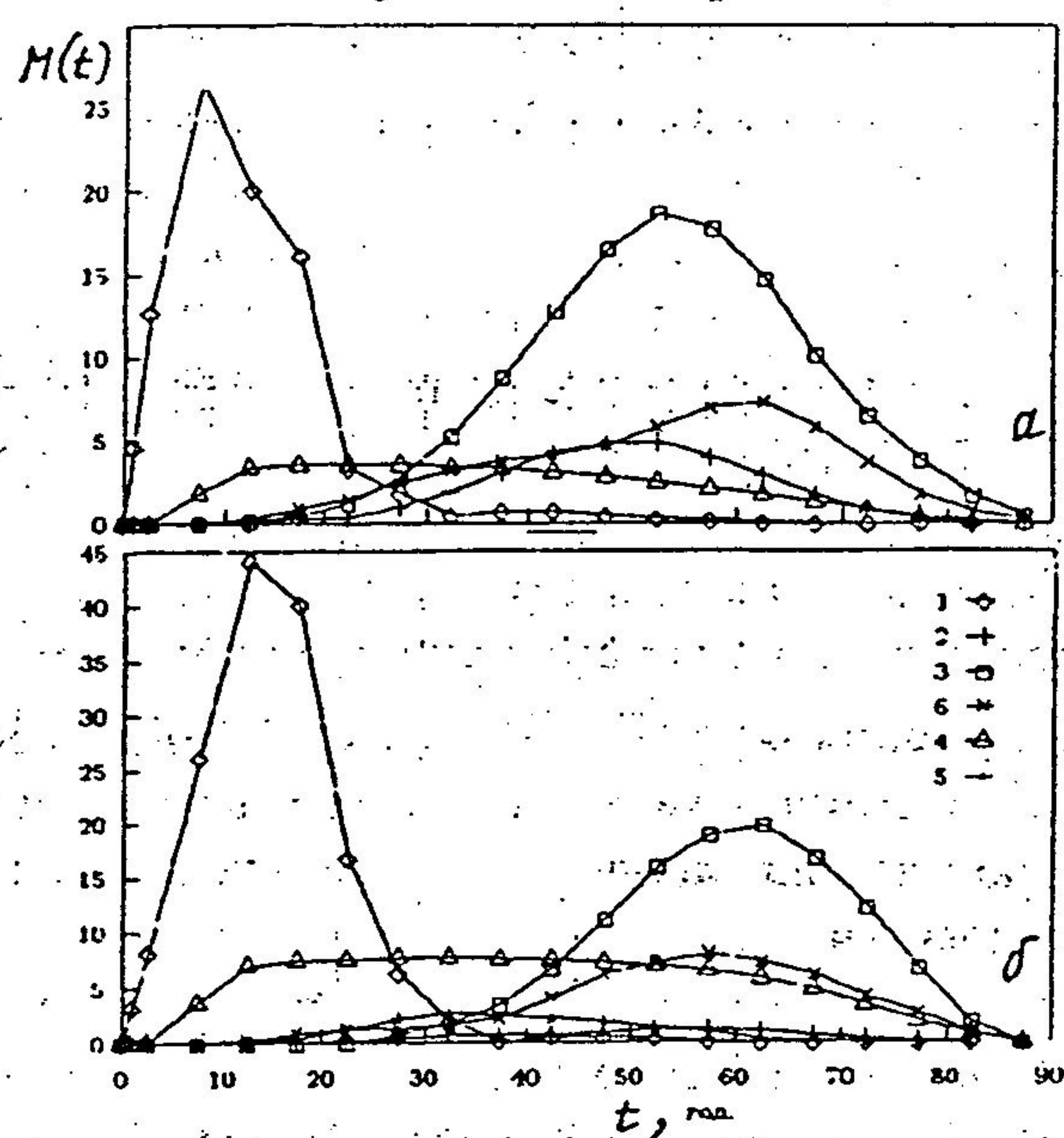


Рис. 2. Годовая смертность мужчин (а) и женщин (б) в возрасте 0—25 лет на момент аварии без учета принятых контрмер от радиогенного лейкоза (1), рака органов дыхания (2), желудочно-кишечного тракта (3), молочной железы (5), других видов (6) и заболеваемость раком щитовидной железы (4) как функция времени после аварии

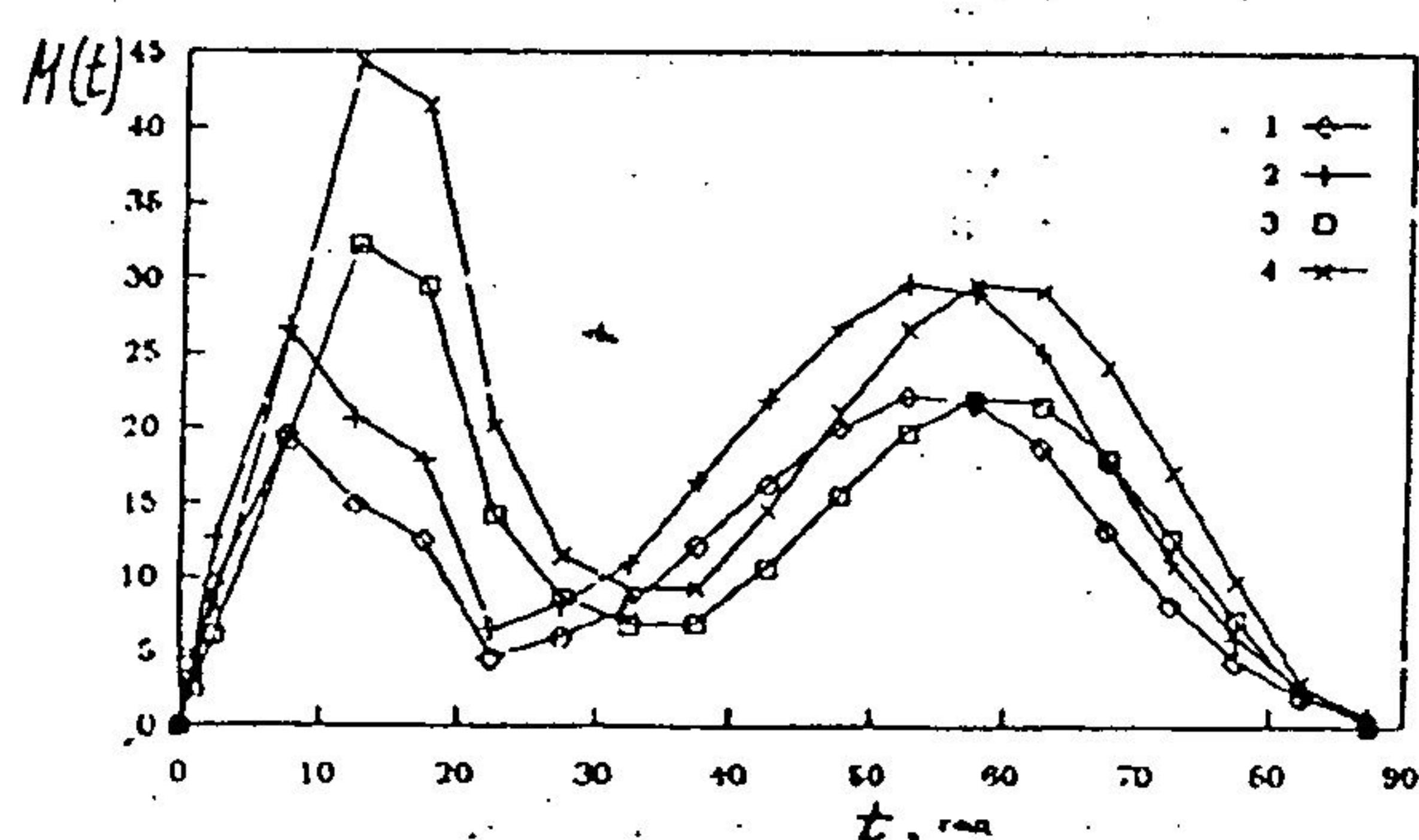


Рис. 3. Годовая смертность от спонтанного и радиогенного рака в возрасте 0—25 лет на момент аварии мужчин (1), женщин (3) с учетом и без учета принятых мер (2, 4 соответственно) как функция времени после аварии

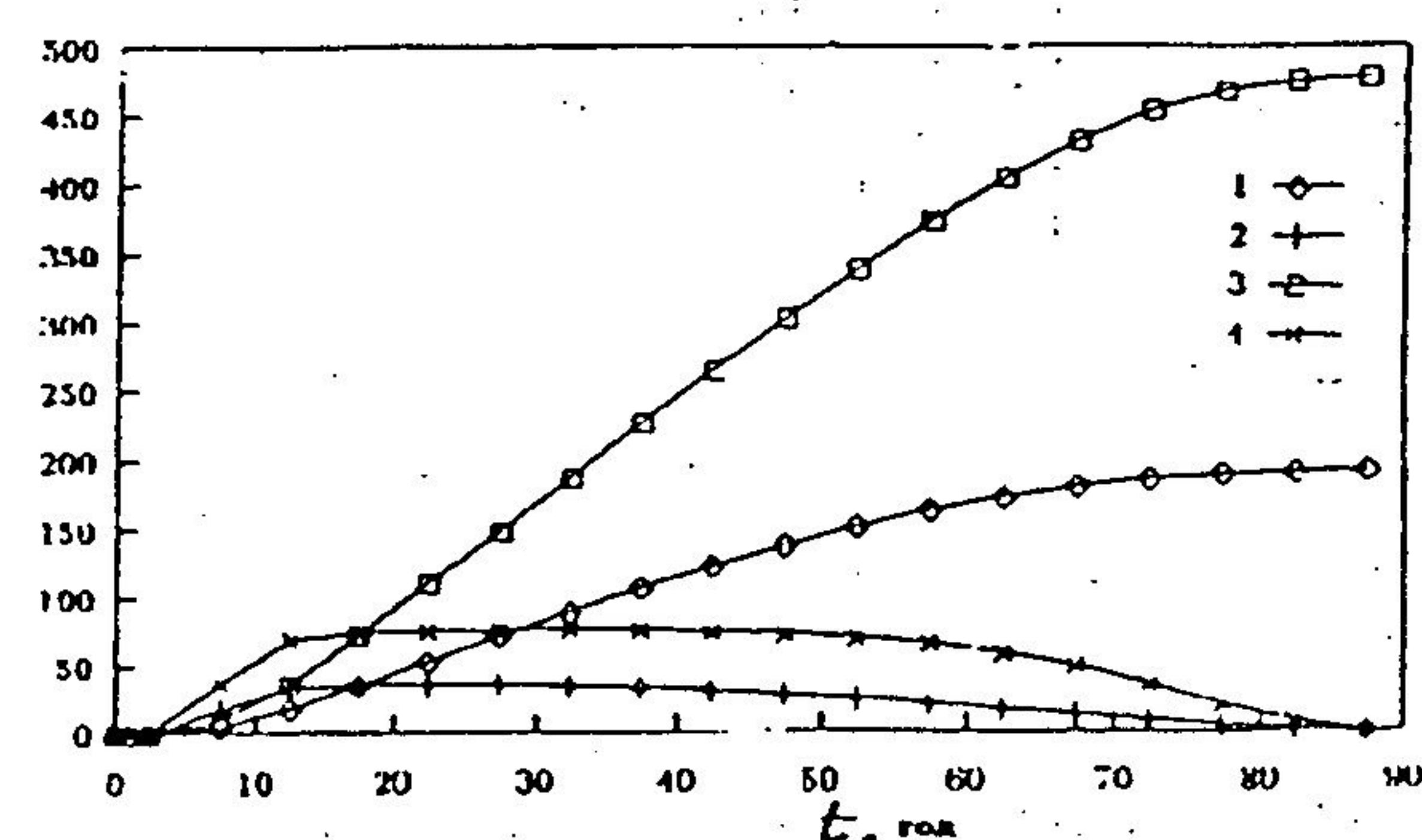


Рис. 4. Суммарная (1, 3 — мужчины и женщины соответственно) и годовая ($\times 10$, 2, 4 — мужчины и женщины соответственно) заболеваемость раком щитовидной железы в возрасте 0—25 лет на момент аварии

риска. Для сравнения на рис. 1, б даны результаты расчета для взрослого населения ($a > 25$ лет, 1986 г.). Для рака щитовидной железы рассчитаны показатели заболеваемости. Остальные стохастические эффекты представлены показателями смертности. Для сравнения приведены показатели риска спонтанных злокачественных новообразований, также рассчитанные по БАРД. Кроме того, сделана оценка состояния здоровья населения России в медико-демографических показателях (рис. 5, а, б, в).

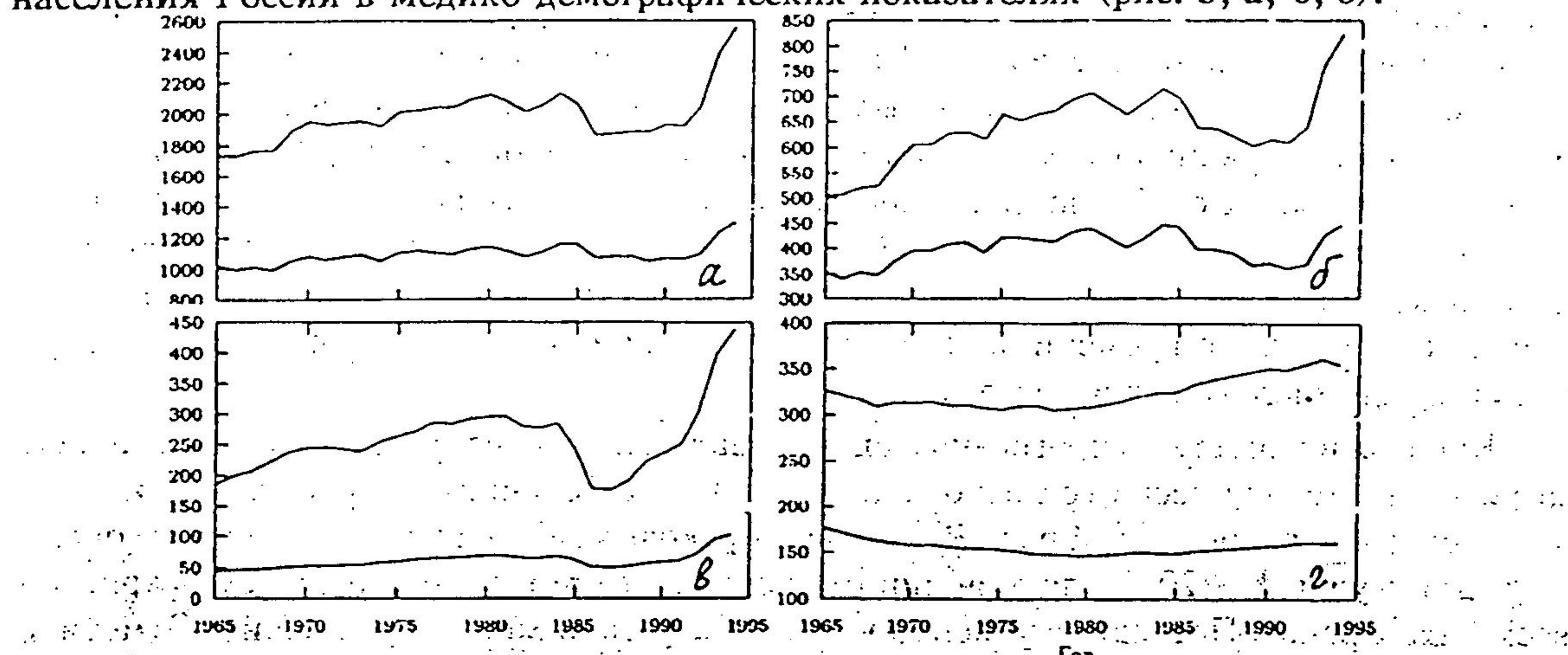


Рис. 5. Стандартизованные показатели смертности населения России в разные годы от всех причин (α), болезней сердца (β), несчастных случаев, аварий, отравлений, травм, убийств и т.п. (γ) и злокачественных новообразований (δ) (на 100 тыс. человек в год, европейский стандарт возрастного распределения населения, мужчины — верхняя, женщины — нижняя кривая)

Как известно, имеется сильная зависимость индивидуального радиогенного риска (пожизненного риска R) от возраста облучения: он относительно велик для детского и юношеского возраста (0—25 лет) и быстро уменьшается в сторону старших возрастов. В связи с этим имеет смысл говорить о критической возрастной группе 0—25 лет. Большинство расчетов сделано для этой группы.

Из рис. 4 видно, что радиогенный риск для взрослого населения незначителен по сравнению с риском смерти от спонтанного рака даже в случае высоких уровней загрязнения и отсутствия контрмер. Такое соотношение между радиогенным и спонтанным раком сохраняется для большинства его видов. Другая ситуация для лейкозов и рака щитовидной железы. Для них характерен относительно низкий спонтанный уровень и большой коэффициент относительного риска (см. рис. 2, а, б, 4). Предсказания относительно рака щитовидной железы, получаемые на основе оценок риска (см. рис. 4), находятся в разумном согласии с данными прямых медицинских исследований в Брянской области [23]. Около 2—3 случаев спонтанного рака щитовидной железы могли бы быть обнаружены у той же когорты и в тот же интервал

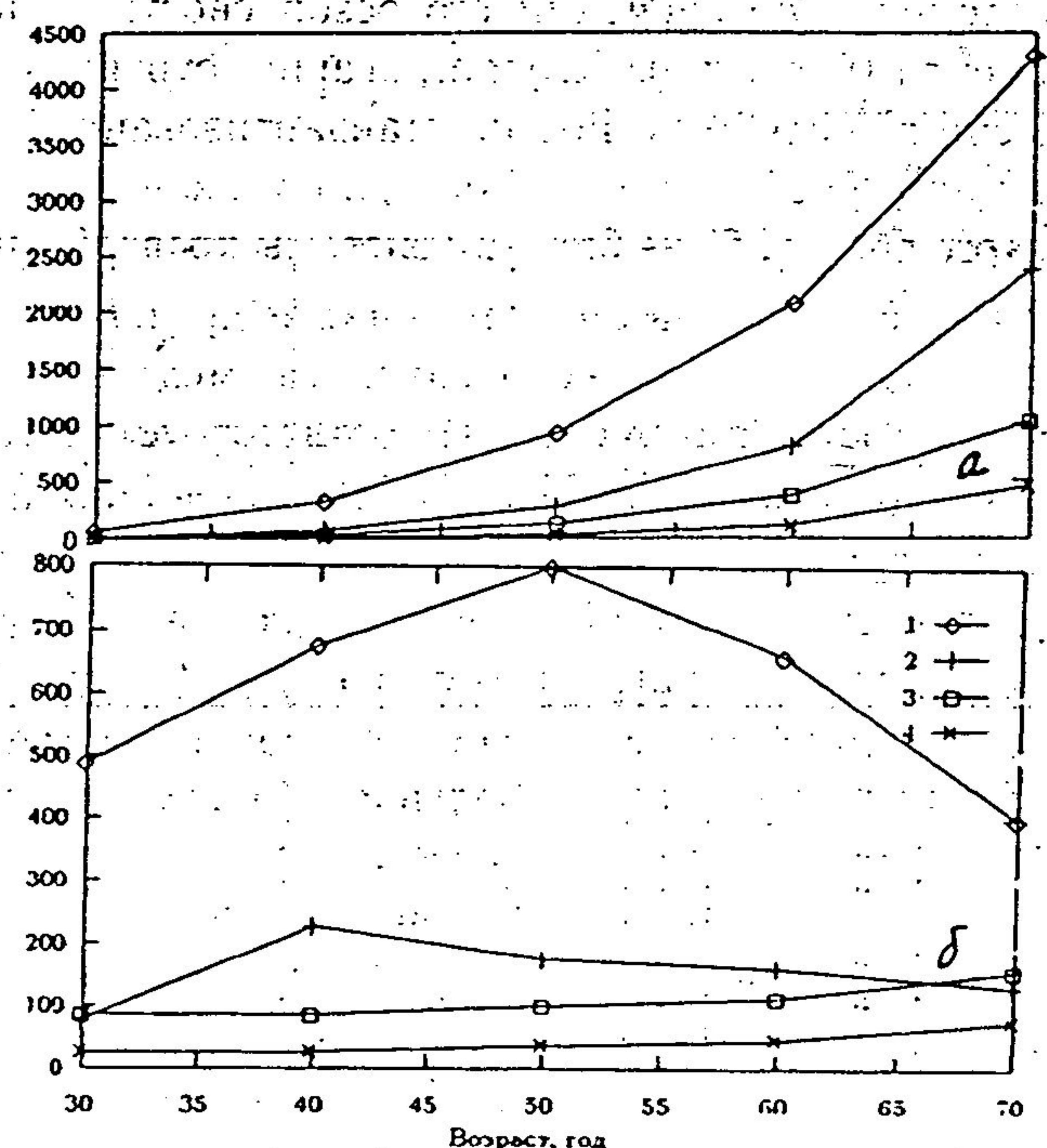


Рис. 6. Повозрастные коэффициенты смертности мужчины (1) и женщины (2) России (1994), Франции (1987, 3, 4 соответственно) от болезней системы кровообращения (а) и несчастных случаев, аварий, отравлений, травм (δ) на 100 тыс. чел. в год

времени (результаты расчета по БАРД с использованием медико-демографических данных для Брянской области). До начала 1997 г. не обнаружено статистически достоверных дополнительных случаев лейкемии. Этот вопрос находится в стадии дальнейшего изучения.

Принятые контрмеры привели к значительному снижению мощности дозы облучения населения. Это снижение в основном относится к внутреннему облучению и мало затронуло внешнее облучение. На большинстве пострадавших территорий меры по защите населения от радиоиода не были приняты или были проведены с запозданием. Осуществленные защитные меры примерно на 30% уменьшили радиогенный риск. Временные в прочие особенности радиогенного рака (лейкозы, рак щитовидной железы и другие виды твердого рака) должны быть приняты во внимание при подготовке программы медицинской защиты и реабилитации на пострадавших территориях для настоящего и будущего времени, а также при решении вопроса о возможности и содержании эпидемиологических исследований.

Как можно видеть из прогнозных оценок, даже для территории с высоким уровнем загрязнения (фактически согласно закону это зона отселения) и в отсутствие каких-либо контрмер радиогенный риск R летальных раковых заболеваний составил бы около 10% для мужчин и 20% для женщин от спонтанного летального рака (суммарно по всем видам рака). Последний у женщин почти в 2 раза ниже, чем у мужчин. Отметим, что эти 10—20% находятся в пределах вариаций смертности от спонтанного рака для разных территорий России.

С 1986 по 1994 г. как результат политических и социально-экономических преобразований произошли сильные отрицательные изменения в состоянии здоровья населения и обеспечении его безопасности от всех так называемых внешних причин смерти (несчастные случаи, аварии, отравления, убийства и т. п.). За этот период времени в среднем по России стандартизованный показатель смертности мужчин от всех причин увеличился на 700 при его значении примерно 1860 в 1986 г. (составляющие этого роста: 350 — болезни системы кровообращения, 260 — внешние причины смерти, 40 — болезни органов дыхания и др. на годовую смертность 10^5 чел.). На раковых заболеваниях это не отразилось: медленный рост стандартизованного показателя смертности (см. рис. 5, г)) соответствует мировой тенденции.

Здесь представлены российские данные об изменении состояния здоровья и безопасности населения. Несомненно, что на территориях, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС, эти отрицательные изменения еще больше из-за действия социально-психологического фактора. Однако в любом случае по сравнению с этими изменениями воздействие радиационного облучения на популяционное здоровье населения очень мало (в большинстве случаев пренебрежимо мало). Результаты анализа риска могут изменить представления о последствиях ядерных аварий и эффективности контрмер. В этой оценке риска важно принимать во внимание как радиационный, так и нерадиационный риск, меры радиационной и медицинской защиты.

Современная стратегия ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Проблемы Чернобыля в 1997 г. уже существенно отличаются от тех, которые были в 1986—1991 гг. Многие из них значительно смягчились, другие потеряли свою значимость. Так, дезактивация территорий фактически завершена — радиационная обстановка почти повсеместно находится в рамках допустимых значений. Остается острой реабилитация загрязненных в прошлом территорий, возрождение сельскохозяйственной деятельности в них, возвращение к жизни покинутых селений. Лишь проблемы с саркофагом постепенно обостряются, поскольку его старение требует решения вопроса о надежной консервации разрушенного блока.

Следует признать, что Закон РСФСР о социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, от 15 мая 1991 г. и следующая из него практика становятся все более неадекватными реальностям. При-

нятый в период острой политической борьбы и распада СССР, Закон носил явно популистский характер. Так, за счет принятия явно заниженного значения загрязнения 1 КИ/км² по ¹³⁷Cs как показателя необходимости контрмер и годовой дозы 5 мЗв как критерия обязательного отселения в число пострадавших от аварии были включены 2,6 млн человек, проживающих в 17 российских областях. Явное несоответствие такого масштаба реальной ситуации грубо корректируется неполным бюджетным финансированием. А серьезные проблемы лечения участников ликвидации последствий аварии и детей с заболеванием щитовидной железы не находят своевременного решения.

Основные проблемы в настоящее время лежат в сфере социальной и экономической реабилитации территорий, а не обеспечения их радиационной частоты.

Действительно, доза облучения, получаемая населением в официально признанных загрязненными зонах, не выходит за рамки вариации естественной дозы облучения в других регионах России. Лишь в ограниченных районах (с населением 20—40 тыс. чел.) годовая доза отдельных групп может значимо превышать допустимый уровень. В большинстве районов, загрязненных аварийными выбросами, обстановка ныне нормализовалась и надобность в особом статусе и специальных послеаварийных мероприятий отпала. Сохранять и дальше этот статус пострадавших — значит, искусственно держать население в состоянии стресса, неуверенности в будущем, препятствовать нормальному развитию хозяйства, межрегиональным связям и торговле, т.е. обрекать эти регионы на экономическое иждивенчество и социальную деградацию. Снятие клейма «аварийных регионов» безусловно будет способствовать их экономическому развитию, а также физическому и социальному оздоровлению населения. Поэтому проблемы ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС требуют резкого изменения целей, стратегии и тактики проведения мероприятий по ликвидации последствий аварии. Возможны два подхода — радикальный и эволюционный.

Основные направления первого:

снятие чернобыльского статуса с большинства регионов, выявление и локализация ограниченных зон, действительно требующих продолжения специальных мероприятий;

сосредоточение ресурсов для решения медицинских проблем участников ликвидации последствий аварии и детей 1986 г. рождения с заболеванием щитовидной железы;

обеспечение медицинской помощи переселенцам, их лечение от неврозов и других болезней стрессовых ситуаций для возвращения к нормальной трудовой деятельности.

Второе направление — пересмотр правил зонирования на основе новой концепции проживания [5]. Это направление означает на практике проведение большого числа измерений радиоактивности, обсуждений и дискуссий, согласований и утверждения новых нормативов.

Некоторые уроки ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Следуя результатам исследований, выполненных в рамках чернобыльской программы НИР и международных чернобыльских проектов, можно следующим образом кратко сформулировать уроки ликвидации последствий аварии:

в условиях нормальной эксплуатации опасных ядерных установок обязательно наличие детального комплекса регулирующих документов по противоаварийным мерам. Это чрезвычайно важно для послеаварийного управления, поскольку дает твердую основу для обоснованных, согласованных и уверенных действий всех участвующих в ликвидации аварии организаций. Отсутствие или неполнота какого-нибудь из таких документов и в связи с этим необходимость срочной разработки нового регулирующего документа уже после того, как авария произошла, может привести к социальному напряжению и недоверию к руководящим органам;

управление послеаварийными мероприятиями — не только радиационная проблема. Необходимо учитывать и нерадиационный риск, который, в частности, может быть следствием проводимых защитных мер. При принятии решения важен также социально-психологический фактор. Даже оптимальные с научной точки зрения контрмеры нуждаются в понимании и поддержке со стороны общества. Необходимо убеждать людей в правильности действий, но не использовать обеспокоенность населения в политических конъюнктурных целях. Это может привести в будущем к серьезному усложнению послеаварийной ситуации, как это случилось после аварии на Чернобыльской АЭС;

для тяжелых ядерных аварий время является важным фактором в радиационной защите. Его необходимо адекватным образом учитывать при планировании контрмер;

возврат к нормальной жизни после проведения в течение некоторого времени защитных мероприятий усложнен социально-психологическими трудностями восприятия обществом остаточных эффектов. Для переходного периода необходимы специальные законодательные (регламентные) документы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всёроссийская конференция «Радиоэкологические, медицинские и социально-экономические последствия аварии на Чернобыльской АЭС. Реабилитация территорий и населения», 21—25 мая 1995 г., Голицыно Московской обл.
2. Международная конференция ВОЗ «Последствия для здоровья населения чернобыльской и других радиационных аварий», 20—23 ноября 1995 г., Женева.
3. Proc. Intern. Conf. «One decade after Chernobyl», 8—12 April 1996, Vienna. IAEA-CN-63.
4. Первая международная конференция ЕС, Беларусь, Россия и Украина по радиологическим последствиям чернобыльской аварии, Минск, 18—22 марта 1996 г. (EC № EUR 16544EN, 1996.)
5. Концепция радиационной, медицинской, социальной защиты и реабилитации населения Российской Федерации, подвергшегося аварийному облучению (Концепция-1995). — Вестник научной программы «Семипалатинский полигон— Алтай», 1995, № 3, с. 11—15.
6. Нормы радиационной безопасности (НРБ-96). М., Госкомсанэпиднадзор России, 1996.
7. Рекомендации Международной комиссии по радиационной защите 1990 г. Публикация № 60. М.: Энергоатомиздат, 1994.
8. Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency. ICRP, Publication № 63. New York—London: Pergamon Press, 1993.
9. International Basic Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Safety Ser. 115-I. Vienna: IAEA, 1994.
10. Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency. Safety Ser. 109. Vienna: IAEA, 1994.
11. Демин В.Ф., Кутьков В.А. Анализ развития регулирующих документов по защите населения в случае ядерной аварии. — Вестник научной программы «Семипалатинский полигон— Алтай», 1995, № 3, с. 50—58.
12. Демин В.Ф. Методические рекомендации по оценке риска в применении к ситуациям после ядерных испытаний или аварий. — Там же, 1995, № 1, с. 36—55.
13. Hedemann—Jensen P., Demin V.F., Konstantinov Y.O. e.a. EU-CIS Joint Study Project 2, Task 3 Report for 1995 «Intervention Criteria in CIS, Risk Assessments and Non-Radiological Factors in Decision—Making, RISO-R-831(EN), March 1996, RISO, Denmark.
14. Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation (BEIR V). National Academy Press, Washington, D.C., 1990.
15. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 1994 Report to the General Assembly, UN, New York, 1994.
16. Health Risks of Radon and Other Internally Deposited Alpha-Emitters (BEIR IV). National Academy Press, Washington, D.C., 1989.
17. National Council on Radiation Protection and Measurement (NCRP), 1985. Induction of Thyroid Cancer by Ionizing Radiation, NCRP Report № 80, Bethesda.
18. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. UNSCEAR 1988 Report to the General Assembly, UN, New York, 1988.
19. Stokell P., Robb J., Crick M., Muirhead C. SPIDER-1: Software for Evaluating the Detriment Associated with Radiation Exposure. NRPB-R261, UK, 1993.
20. Балонов М.И., Брук Г.Я., Голиков В.Ю. и др. Облучение населения РФ вследствие аварии на ЧАЭС. — Радиация и риск, 1996, вып. 7, с. 39—71.

21. Степаненко В.Ф., Цыб А.Ф., Гаврилин Ю.И. и др. Дозы облучения щитовидной железы населения России в результате аварии на ЧАЭС (ретроспективный анализ). — Там же, с. 225—245.
22. Справочник по радиационной обстановке и дозам облучения в 1991 г. населения населенных пунктов РФ, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. Ред. М.И. Балонов. С.-Петербург, ИРГ Госкомсанэпиднадзора РФ, 1993.
23. Милле Ф., Школьников В.М., Эртриш В., Валлен Ж. Современные тенденции смертности по причинам смерти в России в 1964—1994 гг. М., Центр демографии и экологии человека (Ин-т народнохозяйственного прогнозирования РАН), 1996.