

БАРД: банк данных по анализу риска

Демин В.Ф.

ГНЦ РФ Курчатовский институт, Москва

Описывается компьютерная система БАРД: банк данных по анализу риска. БАРД развивается с 1994 г. параллельно с методологией анализа риска и предназначен для оценки последствий ядерных аварий и испытаний и принятия решений по защитным и восстановительным мерам, для сравнения рисков для разных энергопроизводств и др. Кроме расчетных и обслуживающих ЭВМ-программ БАРД включает собственную большую базу медико-демографических данных: повозрастные коэффициенты смертности от разных причин, повозрастные распределения и коэффициенты рождаемости для России, многих ее областей и других административных образований; Беларуси и Украины и нескольких их областей; бывшего СССР и ряда его республик; нескольких других стран - членов ООН. БАРД развивается в двух версиях: локальной (на одной ПЭВМ) и распределенной, доступной через Internet, и позволяет рассчитывать как радиационный, так и нерадикационный риск. Проводится верификация БАРД путем осуществления перекрестных сравнительных расчетов с использованием других существующих компьютерных систем. Приведены примеры расчетов риска.

BARD: bank of data for risk analysis

Demin V.F.

SRC RF Kurchatov Institute, Moscow

Computer system BARD - bank of data for risk analysis - is described. BARD has been developed since 1994 in parallel with the methodology of risk assessment. BARD is intended for assessment of consequences of nuclear tests and accidents and decision making on protective and rehabilitation measures, risk assessment and comparison for different energy systems etc. Besides calculation and service codes BARD contains the great intrinsic health-demographic data (HDD) base: age distribution density, age-cause-specific death rates and age-specific fertility rates. HDD have been prepared for population of many regions of Russia for different years, for some regions of CIS and some countries around the world. BARD is constantly supported and developed in two versions: local and distributed one's, accessible through Internet. With BARD one can calculate radiation and non-radiation risks. Verification of BARD is carried out by comparison of calculations using other computer systems available. Examples of risk assessment results are given.

Введение

Анализ риска давно уже стал необходимым элементом решения задач защиты окружающей среды. Однако возможности его практического применения вплоть до настоящего времени ограничены из-за недостаточного развития методической базы.

Необходимость в дальнейшем развитии методологии анализа риска стала особенно актуальной в таких областях как

- оценка последствий ядерных аварий и испытаний и принятие решений по защитным и восстановительным мерам;
- сравнение рисков для разных энергопроизводств для принятия решений по их развитию.

Как показал опыт оценок и анализа последствий ядерных аварий, ядерных испытаний и проведения защитных и восстановительных мероприятий, существует целый ряд причин, по которым необходимо, с одной стороны, выйти за пределы радиационной защиты и рассматривать и нерадикационные факторы риска. С другой сторо-

ны, оставаясь в рамках радиационной защиты, недостаточно основываться на концепции эффективной дозы D_E , даже если рассматриваются только стохастические эффекты облучения.

Концепция эффективной дозы D_E разработана и предложена МКРЗ. Последнее уточнение этой концепции сделано в 60-й Публикации [1]. Величина D_E по существу является показателем риска. Взвешивающие (по разным органам тела человека) коэффициенты, определяющие эффективную дозу, вычислены по значениям радиационного риска (обобщенного ущерба). Переход к величинам риска производится, если необходимо, путем использования соответствующих коэффициентов риска.

У концепции D_E есть свои важные и хорошо известные достоинства с точки зрения ее практического применения нормирования облучения в нормальных условиях. Однако ряд ее свойств ограничивает возможности ее использования в рассматриваемом случае (ядерные аварии и испытания). Значение риска, определяемое величиной D_E :

- проинтегрировано по всему времени реализации радиобиологического стохастического эффекта после облучения (десятки лет для канцерогенеза и все последующие поколения для генетических последствий облучения);
- усреднено по возрасту человека в момент облучения и по когортам населения разных стран (по глобальному населению в определении МКРЗ).

В результате в оценке последствий облучения на основе D_E полностью отсутствует фактор времени. Невозможно получить данные по радиологическому риску в разные интервалы времени после ядерной аварии или испытания. Эффективная доза не различает большую разницу во времени между появлением случаев лейкозов и "солидных" раков (см. иллюстративный пример на рисунке 1, взятый из рассмотрения последствий для населения Алтайского края ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне [2]).

Кроме того, величина D_E не может учитывать местные и возрастные особенности когорты населения (или персонала), для которой осуществляется оценка последствий. Как легко видеть из расчетных данных (см. другой иллюстративный пример на рисунке 2), радиационный риск существенным образом зависит от возраста облу-

чения: он намного выше для детского и юношеского возраста, чем для взрослого и тем более пожилого человека.

Необходимость оценки нерадиационного риска обусловлена следующим:

- некоторые принимаемые контрмеры могут иметь отрицательные побочные последствия для населения (нерадиологической природы); например, переселение, как показывает имеющийся опыт, из-за изменения социальных и других условий проживания может отрицательно сказаться на здоровье человека; возможные отрицательные изменения в социально-психологическом состоянии (стрессы, состояние возбуждения и страха) также оказывают существенные изменения в здоровье людей;
- отметим эффект так называемой конкуренции рисков; этот эффект приводит в принципе к взаимному влиянию разных факторов риска даже при их исходной статистической независимости;
- как следует из современной методологии оценки радиационного риска, для ее применения необходимо знать фоновые значения канцерогенного риска (см. ниже о моделях относительного риска);

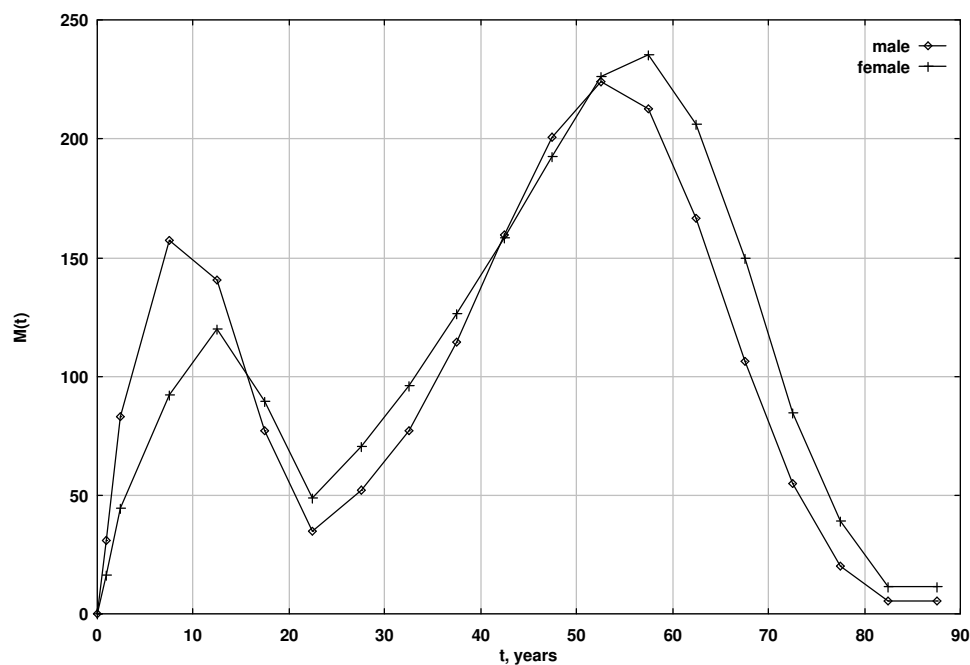


Рис. 1. Ежегодная смертность $M(t)$ от радиогенных злокачественных новообразований среди населения (на 100000 человек; возраст 0-20 года в 1949 г.), пострадавшего от ядерного испытания в зависимости от времени t (в годах) после испытания; $D = 0.8$ Зв; первый пик обусловлен смертностью от лейкозов, второй - от "солидных" раков.

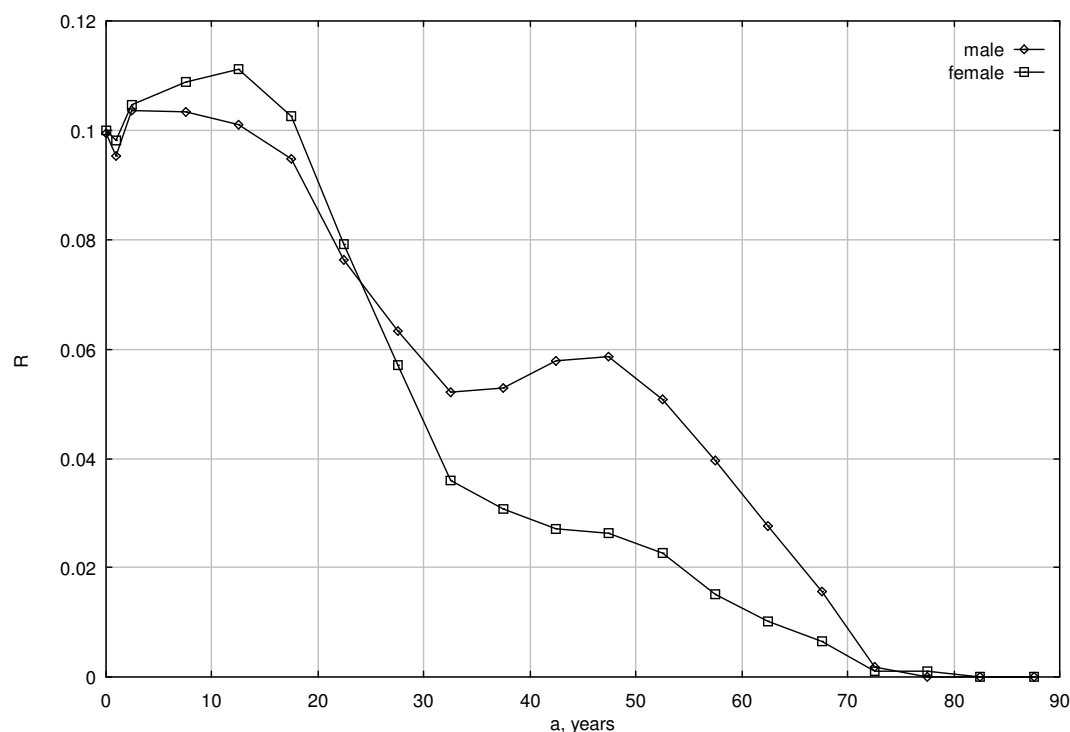


Рис. 2. Пожизненный индивидуальный риск R смерти от радиогенных злокачественных новообразований в зависимости от возраста a (в годах) облучения; $D = 0.8$ Зв.

- возможное отсутствие полного благополучия с состоянием здоровья населения, вызванного местными или общегосударственными социальными условиями проживания, требует с позиций наиболее эффективного вложения средств в защиту здоровья оценивать единым образом - с позиций анализа риска - состояние здоровья в целом и фоновые радиационные и нерадиационные факторы риска.

Из сказанного выше следует необходимость развития и применения анализа риска для оценки последствий ядерных аварий или испытаний и поддержки принятия решений по защитным мерам.

Следует также отметить, что такая необходимость существует и в ряде других областей, в частности, при оценке альтернатив развития энергопроизводства. Риск, создаваемый разными энергопроизводствами, многомерен и включает несколько категорий. В связи с этим существует ряд проблем в развитии анализа риска, среди которых отметим здесь следующие:

- интегрирование различных показателей риска,
- суммирование и сравнение распределенных во времени рисков,
- сравнения рисков от аварий и нормальной работы предприятий.

Таким образом, разработка методологии (МАР) и ЭВМ-программного комплекса для оценки и анализа риска от различных источников риска радиационной и нерадиационной природы является од-

ним из актуальных направлений разных научных программ. Этот комплекс определяется как банк данных по анализу риска (БАРД или BARD в английской транскрипции).

ГНЦ РФ Курчатовский институт совместно с другими организациями с 1994 г. осуществляет разработку МАР и БАРД. Эта работа выполняется прежде всего в рамках Государственной программы НИР МЧС России (Алтайская и Чернобыльская ее части), а также частично ряда международных проектов (проект JSP2 (ЕС-СНГ), проект от России "Развитие методологии и базы данных" в рамках координируемой МАГАТЭ исследовательской программы "Сравнение рисков для населения и окружающей среды от разных энергопроизводств" и др.).

Разработка МАР и БАРД осуществляется параллельно и взаимосогласованно.

МАР дважды рассматривалась на сессиях РНКРЗ. При втором ее рассмотрении (сессия РНКРЗ в мае 1996 г.) была одобрена усовершенствованная версия МАР, доработанная рабочей группой РНКРЗ с учетом замечаний и рекомендаций РНКРЗ. По состоянию на начало июня 1996 г. эта версия МАР находилась в стадии подготовки к печати. Некоторые ее промежуточные версии можно найти, например, в публикациях [3, 4].

Настоящая работа посвящена описанию компьютерной системы для оценки риска БАРД.

Области применения БАРД

Основное назначение БАРД:

- оценка радиологических и нерадиологических последствий ядерных аварий, испытаний ядерного оружия и т.п.; анализ эффективности проводимых защитных мер для населения пострадавших территорий;
- оценка риска от радиационного облучения любого типа и любой временной зависимости;
- оценка состояния здоровья населения в показателях риска;
- оценка и сравнение рисков от разных энергопроизводств.

Кроме того, БАРД может использоваться и для других задач, связанных с анализом риска, включая проведение НИР.

Структура БАРД

БАРД включает:

- исходную базу медико-демографических данных (МДД), необходимых для расчета как радиационного, так и нерадиационного риска;
- служебные и расчетные ЭВМ-программы.

Упрощенная схема БАРД представлена на рисунке 3.

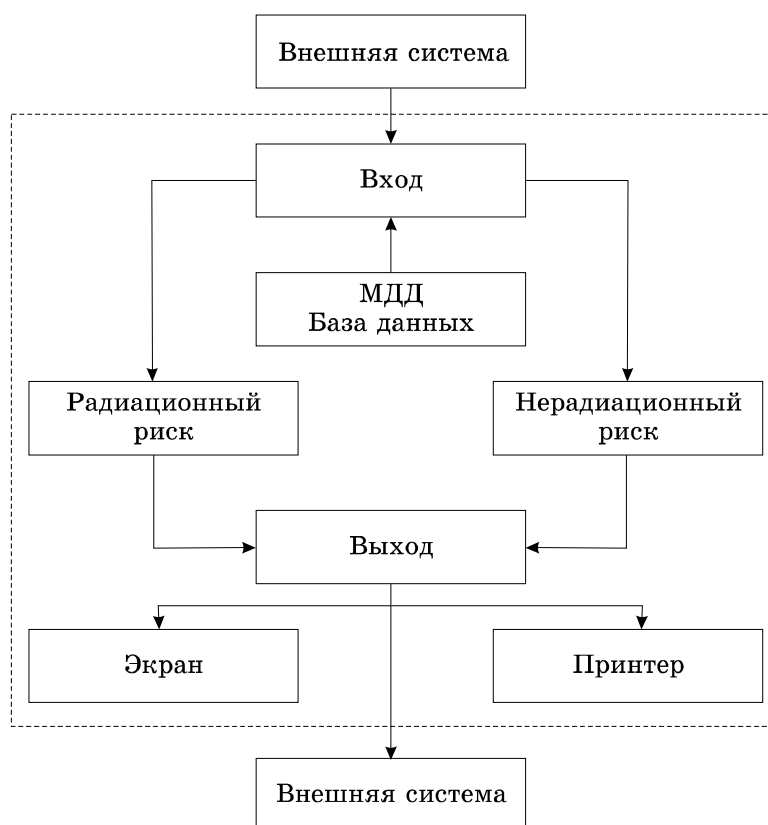


Рис 3. Упрощенная схема БАРД.

База данных

База данных БАРД состоит из нескольких частей и включает следующие МДД:

- повозрастные коэффициенты смерти от разных причин,
- повозрастное распределение населения,
- повозрастные коэффициенты рождаемости.

Получаемые из разных источников (Госкомстат СССР и России, Институт проблем занятости РАН; Статистические данные ВОЗ ООН по состоянию

здоровья населения мира, Алтайский филиал института комплексных проблем гигиены и профзаболеваний СО РАМН, Алтайский медицинский институт и др.) данные обрабатываются программно вне БАРД и помещаются в базу данных в виде файлов с расширением *.dbf.

База данных БАРД находится в состоянии постоянного развития путем включения в нее все новых и новых МДД. По состоянию на начало 1996 г. она включает МДД разных лет для населения:

- России, многих ее областей и других административных образований;
- Беларуси и нескольких ее областей;
- Украины и нескольких ее областей;
- бывшего СССР и ряда его республик;
- нескольких других стран ООН (Франция, Великобритания, США, ...).

Каждый массив МДД подразделяется на отдельные подмассивы данных по полу (мужчины, женщины, оба пола) и образу жизни (сельское, городское и все население). Повозрастные коэффициенты смертности представлены в агрегированном и детальном видах.

При агрегированном представлении имеющиеся факторы риска (причины смертности) разбиваются на 8 групп:

- сумма всех факторов риска,
- инфекционные болезни,
- злокачественные новообразования,
- болезни системы кровообращения,
- болезни органов дыхания,
- болезни органов пищеварения,
- несчастные случаи и травмы,
- остальные факторы.

При представлении данных в детализированном виде каждая из этих групп разбивается на подгруппы. Например, четвертая группа подразделяется на конкретные виды заболеваний: гипертония, ишемическая болезнь сердца, атеросклероз, цереброваскулярные болезни и др. Третья группа также разбита по отдельным видам новообразований, что принципиально важно при расчете радиационного риска.

Расчетные программы

Расчетные программы подготовлены на основе MAP. Следует обратить внимание, что основные расчетные формулы одинаковы для радиационного и нерадиационного рисков.

Для оценки радиационного риска в них предусмотрена возможность использования следующих первичных моделей радиационного риска:

- НКДАР ООН - 94 [5],
- BEIR IV [6],
- BEIR V [7],
- UK NRPB [8].

Входные данные

При расчете риска по БАРД необходимо задать исходные данные. Они подразделяются на 2 части (см. рис. 3):

- внешние (подготавливаемые вне БАРД и вводимые в него перед расчетом),
- внутренние (извлекаемые из базы данных БАРД).

При расчете радиационного риска входными данными являются:

- поглощенные или эквивалентные дозы (кратковременное облучение) или мощности доз (хроническое облучение) для различных органов тела человека как результат воздействия рассматриваемого источника ионизирующей радиации; эти дозы или мощности доз должны быть даны в их зависимости от возраста, времени облучения, принимаемых защитных мер и т.п.;
- соответствующие МДД из внутренней базы данных БАРД.

Кроме того, должен быть еще осуществлен выбор первичной модели радиационного риска (см. выше, а также описание методологии [3, 4]).

При расчете нерадиационного риска входными данными должны быть повозрастные коэффициенты смертности или заболеваемости, обусловленных рассматриваемым источником риска, или некоторые вариации МДД, полученные с использованием внутренней базы данных.

Выходные данные

Выходные данные (результаты оценки риска по БАРД) в соответствии с MAP - это величины различных показателей 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.

Рассчитываемые показатели риска могут быть представлены в их зависимости от пола, возраста, местных условий, времени и т.д. или в усредненной форме. Вид выходных данных может быть специализирован при постановке задачи на оценку риска.

Примеры расчетов

В качестве иллюстрации на рисунке 4 приведены некоторые результаты оценки риска, сделанные по БАРД для территории Брянской области с относительно высоким уровнем радиоактивного загрязнения в результате чернобыльской аварии ($\geq 30 \text{ Ки } (^{137}\text{Cs})/\text{км}^2$).

Временные и прочие особенности радиогенных раков (лейкозы, рак щитовидной железы и др.) 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.

Использование результатов анализа риска может 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.

Для демонстрации расчетов нерадиационного риска в таблице приведены результаты расчета пожизненного риска R от "фоновых" факторов риска и ожидаемой продолжительности жизни для населения России и Франции.

Таблица

Пожизненный риск R от "фоновых" факторов риска и ожидаемая продолжительность жизни для населения России (1989 г.) и Франции (1987 г.), расчет по БАРД

Фактор риска	Россия		Франция	
	муж.	жен.	муж.	жен.
Инфекции и паразитарные болезни	0.01	0.01	0.01	0.01
Злокачественные новообразования	0.20	0.13	0.31	0.21
Болезни системы кровообращения	0.51	0.72	0.33	0.41
Болезни органов дыхания	0.07	0.04	0.07	0.05
Болезни органов пищеварения	0.03	0.02	0.05	0.05
Аварии и несчастные случаи	0.13	0.04	0.08	0.07
Другие причины	0.05	0.04	0.15	0.20
Ожидаемая продолжительность жизни, лет	65.3	75.3	74.8	83.7

Заключение

Первая версия БАРД была готова в конце 1994 г. и начала использоваться по одному из своих основных назначений: оценка и анализ последствий ядерных испытаний и аварий.

Некоторые результаты этого применения можно найти, например, в [10, 11].

С учетом разных его применений БАРД находится в постоянном развитии как в части накопления и совершенствования исходной базы медико-демографических данных, так и в расширении ее расчетных и сервисных программных средств.

БАРД развивается в двух версиях: локальной (на одной ПЭВМ) и распределенной, когда разные части БАРД могут находиться на разных ПЭВМ, соединенных в сети. Данная версия может быть доступна через Internet (<http://144.206.130.230/>, РНЦ "Курчатовский институт").

БАРД до некоторой степени подобен компьютерным программам ASQRAD[9] и SPIDER[8], развиваемым в CEPN (Франция) и NRPB (Великобритания).

БАРД отличается от них большой внутренней базой МДД, возможностью рассчитывать нерадиационный риск, областями применения и др.

Следует отметить также компьютерную систему RADRASS, развиваемую в МРНЦ РАМН (Обнинск, Россия) для проведения эпидемиологических исследований и оценки риска.

Для верификации баз данных МДД и расчетных программ представляются полезными перекрестные сравнения результатов, полученных разными компьютерными системами по оценке риска. Такая работа уже проводится для БАРД и ASQRAD. В частности, произведено сравнение результатов расчетов радиационного риска для разового и хронического облучения с использованием модели BEIR V при согласованно выбранных одинаковых входных данных. Получено хорошее и в этом смысле удовлетворительное согласие (подробнее см. в [4]). Эта работа по перекрестному сравнению результатов продолжается. Она рассматривается как важный этап перед представлением системы БАРД на официальную аттестацию.

Одна из версий БАРД развивается в качестве модуля комплексной компьютерной системы поддержки принятия решений по радиационной и социальной защите на радиоактивно загрязненных территориях после ядерной аварии или ядерных испытаний (DSS JSP2).

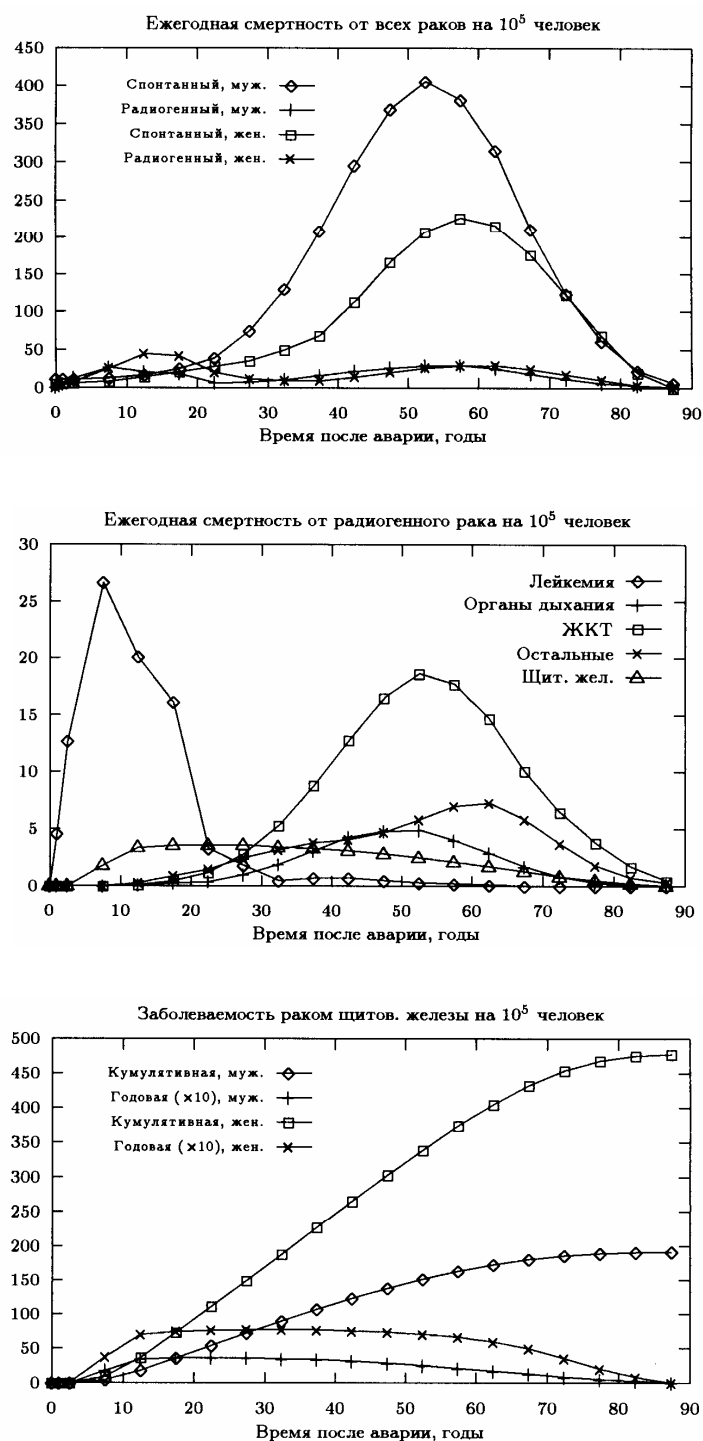


Рис. 4. Смертность и заболеваемость (щитовидная железа) от спонтанных и радиогенных (вследствие черновыльской аварии) раков (на 100 000 человек возраста 0-18 лет на момент аварии, мужчины для отдельных раков) как функция времени t после аварии; расчет по БАРД, дозы облучения без учета контрмер.

Литература

1. Рекомендации Международной Комиссии по Радиологической защите 1990 г. Публикация 60. - М.: Энергоатомиздат, 1994.
2. **Беляев С.Т., Демин В.Ф., Шойхет Я.Н. и др.** Оценка радиологического риска для населения Алтайского края от ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне//Вестник научной программы "Семипалатинский полигон - Алтай". - 1994. - № 4. - С. 12-21.
3. **Демин В.Ф.** Методические рекомендации по оценке риска в применении к ситуациям после ядерных испытаний или аварий//Вестник научной программы "Семипалатинский полигон - Алтай". - 1995. - № 1. - С. 36-55.
4. **Hedemann-Jensen P., Demin V.F., Konstantinov Y.O., Likhariov I.A., Rolevich I.V., Schneider T.** 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.
5. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 1994 report to the General Assembly. - New York: UN, 1994.
6. Health Risks of Radon and Other Internally Deposited Alpha-Emitters (BEIR IV). - Washington: National Academy Press.
7. Health effects of exposure to low levels of ionizing radiation (BEIR V). - Washington: National Academy Press, 1990.
8. **Stokell P.J., Robb J.D., Crick M.J., Muirhead C.R.** SPIDER-1: Software for evaluating the detriment associated with radiation exposure. NRPB - R261. - NRPB, 1993.
9. ASQRAD: Assessment System for Quantification of Radiological Detriment, CEPN (France). - NRPB, 1996.
10. **Algasin A.I., Demin V.F., Gordeev K.I. et al.** Radiation impact of nuclear weapon tests at the Semipalatinsk test on the population of the Altai region: symposium on environmental impact of radioactive releases, Vienna, Austria, 8-12 May 1995, IAEA-SM-339/82. - IAEA, 1995.
11. **Demin V.F.** Estimation of health risk for Bryansk region population from the Chernobyl accident //Radiation Protection Dosimetry. - 1996. - Vol. 64, N 1/2. - P. 109-112.