

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО (ФМБА РОССИИ)

---

# МЕДИЦИНСКАЯ РАДИОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

---

# MEDICAL RADIOLOGY AND RADIATION SAFETY

---

Meditsinskaia Radiologiia i Radiatsionnaia Bezopasnost

---

2016

Том 61

№ 3

Периодический научный журнал. Издается с сентября 1956 года  
Periodical scientific journal. Published since 1956

Журнал включен в перечень ВАК ведущих рецензируемых научных журналов,  
рекомендованных для опубликования результатов диссертационных исследований  
Журнал вошел в Перечень Russian Science Citation Index (RSCI),  
размещенный на платформе Web of Science

Москва

# **Медицинская радиология и радиационная безопасность** **Medical Radiology and Radiation Safety**

Научный журнал Scientific Journal

---

## **Издатель:**

ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации —  
Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна»  
Федерального медико-биологического агентства

**Главный редактор В.В. УЙБА**

**Заместитель главного редактора В.Б. Назаров**

**Заместитель главного редактора А.С. Самойлов (оперативное руководство)**

## **Редакционная коллегия (по рубрикам журнала):**

**Радиационная биология:** А.А. Вайнсон (выпускающий редактор), П.К. Казымбет, А.Н. Котеров, В.А. Саенко

**Радиационная безопасность:** Р.М. Алексахин, С.С. Алексанин, М.И. Балонов, Л.А. Ильин, И.П. Коренков

**Радиационная медицина:** А.Ю. Бушманов, С.И. Иванов, Н.М. Оганесян, А.В. Рожко, Г.М. Румянцева

**Лучевая терапия:** А.В. Бойко, С.И. Ткачев

**Лучевая диагностика:** И.Е. Тюрин

**Ядерная медицина:** Б.Я. Наркевич (научный редактор)

**Радиационная эпидемиология:** А.П. Бирюков, В.Ф. Демин, В.К. Иванов, Н.К. Шандала

**Радиационная физика, техника и дозиметрия:** И.А. Гусев, С.М. Шинкарев

**Зарубежные связи:** В.Б. Назаров, В.В. Романов

**Обзоры, краткие сообщения, письма в редакцию, дискуссии, хроника, юбилеи:** ответственные по соответствующим рубрикам

**Помощь практическому врачу:** А.Ю. Бушманов

Все статьи в журнале печатаются бесплатно

Заведующий редакцией Э.С. Зубенкова

Компьютерная верстка В.В. Колесниченко

## **Адрес редакции журнала:**

123098, Москва, ул. Живописная, 46  
Телефон: (499) 190-95-51

## **Address of Editorial Board:**

46, Zhivopisnaya st., 123098, Moscow, Russia  
Phone: +7 (499) 190-95-51

E-mail: [medradiol@fromru.com](mailto:medradiol@fromru.com)

Сайт журнала: <http://www.medradiol.ru>

---

Подписано в печать 31.03.2016. Формат 60 × 88/8  
Печать офсетная. 13,5 усл. печ. л. Тираж 1000 экз. Заказ №  
Отпечатано в типографии ФМБЦ им. А.И. Бурназяна  
123098, Москва, ул. Живописная, 46

## СОДЕРЖАНИЕ № 3 – 2016

- 5 **Радиационная защита населения при реагировании на Чернобыльскую аварию**  
*Л.А. Ильин, Я.Э. Кенигсберг, И.И. Линге, И.А. Лихтарев, М.Н. Савкин*
- 17 **К тридцатилетию аварии на Чернобыльской АЭС: анализ, выводы, уроки на будущее**  
*В.В. Уйба, А.С. Самойлов, В.В. Романов, Н.К. Шандала*
- 24 **Первые недели после аварии на Чернобыльской АЭС (личные оценки)**  
*Ю.Г. Григорьев*
- 30 **30 лет аварии на Чернобыльской АЭС: опыт ликвидации медицинских последствий**  
*А.К. Гуськова, В.И. Краснюк, И.А. Галстян, Н.М. Надежина*
- 36 **Уроки Чернобыля и Фукусимы: актуальные проблемы совершенствования системы защиты населения и территорий при авариях на АЭС**  
*Р.В. Арутюнян, Л.А. Большов, И.И. Линге, Е.М. Мелихова, С.В. Панченко*
- 52 **Дозы участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС**  
*В.П. Крючков, Л.А. Ильин, О.А. Кочетков, А.Г. Цовьянов*
- 62 **Отраслевой регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на Чернобыльской АЭС**  
*А.Р. Туков, И.Л. Шафранский, А.П. Бирюков, О.Н. Прохорова*
- 68 **Использование опыта ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС для развития системы и средств индивидуальной защиты персонала и работников аварийных бригад при радиационной аварии**  
*В.И. Рубцов, В.Н. Клочков, Л.И. Тюнеева, А.Б. Требухин, А.В. Симаков, А.Ю. Нефедов, Е.В. Клочкова*
- 76 **Ликвидация последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Ферроциновые фильтры очистки молока от  $^{137}\text{Cs}$**   
*Л.А. Ильин, И.К. Беляев*
- 81 **Медицинские последствия аварии на Чернобыльской АЭС в Республике Беларусь: 30 лет спустя**  
*А.В. Рожко, Э.А. Надыров, И.В. Веялкин, А.А. Чешик*
- 89 **Эпидемиология медицинских последствий аварии на Чернобыльской АЭС. К 30-летию аварии**  
*Н.М. Оганесян, Н.Р. Давидян, А.Г. Карапетян, К.В. Асрян, М.И. Мириджанян, М.Г. Шахмурадян*
- 98 **Проблемы аварийного нормирования содержания радионуклидов в пищевых продуктах: переход от временно допустимых уровней к нормальной практике**  
*Н.К. Шандала, А.В. Титов, Е.Г. Метляев*
- 103 **Анализ нормативно-правовой базы и результаты деятельности межведомственных экспертных советов по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан России, подвергшихся воздействию радиационных факторов вследствие чернобыльской катастрофы**  
*А.Ю. Бушманов, А.П. Бирюков, Э.П. Коровкина, А.С. Кретов, Н.Н. Бухвостова*

## CONTENTS № 3 – 2016

- 5 **Radiation Protection of the Population in Response to the Chernobyl Accident**  
*L.A. Ilyin, Ja.E. Kenigsberg, I.I. Linge, I.A. Likhtarev, M.N. Savkin*
- 17 **Thirtieth Anniversary of the Chernobyl Accident: Analysis, Conclusions, Lessons for the Future**  
*V.V. Uiba, A.S. Samoylov, V.V. Romanov, N.K. Shandala*
- 24 **The First Weeks after the Chernobyl Accident (Personal Assessment)**  
*Yu.G. Grigoriev*
- 30 **30 Years of Chernobyl NPP Accident: Experience of Mitigation of Medical Consequences**  
*A.K. Guskova, V.I. Krasnyuk, I.A. Galstyan, N.M. Nadejina*
- 36 **Lessons of Chernobyl and Fukushima and Actual Problems of Development of the System of Radiation Protection of the Population and Territories in Case of a Nuclear Power Plant Accident**  
*R.V. Arutyunyan, L.A. Bolshov, I.I. Linge, E.M. Melikhova, S.V. Panchenko*
- 52 **Official and Real Doses of Participants of Elimination of Consequences of the Accident at the Chernobyl NPP**  
*V.P. Kryuchkov, L.A. Illyin, O.A. Kochetkov, A.G. Tsovyarov*
- 62 **Industry Register of Persons Exposed to Radiation as a Result of the Chernobyl Accident**  
*A.R. Tukov, I.L. Shafransky, A.P. Birukov, O.N. Prokhorova*
- 68 **Use of Experience of Elimination of the Consequences of the Accident at the Chernobyl NPP for Developing the Personal Protection System and Equipment for the Staff and Rescuers at Radiation Accident**  
*V.I. Rubtsov, V.N. Klochkov, L.I. Tuneeva, A.B. Trebukhin, A.V. Simakov, A.Yu. Nefedov, E.V. Klochkova*
- 76 **Liquidation of Consequences of the Chernobyl accident. Ferrocyn Filter Cleaning Milk from  $^{137}\text{Cs}$**   
*L.A. Ilyin, I.K. Belyaev*
- 81 **Medical Effects of Chernobyl Disaster in the Republic of Belarus: 30 Years after**  
*A.V. Rozhko, E.A. Nadyrov, I.V. Veyalkin, A.A. Cheshik*
- 89 **Epidemiology of Medical Consequences of Chernobyl NPP Accident: 30 Years after**  
*N.M. Oganessian, N.R. Davidyan, A.G. Karapetyan, K.V. Asryan, M.I. Mirijanyan, M.G. Shahmuradyan*
- 98 **Emergency Limitation of Radionuclide Concentrations in Foodstuffs: from Temporary Permissible Levels to Normal Practice**  
*N.K. Shandala, A.V. Titov, E.G. Metlyaev*
- 103 **The Analysis of Documentary Regulatory Base and Results of Activity of Interdepartmental Advisory Councils on Establishment of the Causal Relationship of Diseases, Disability and Death of the Citizens of Russia Affected by Radiation Factors Owing to the Chernobyl Accident**  
*A.J. Bushmanov, A.P. Biryukov, E.P. Korovkina, A.S. Kretoy, N.N. Buhvostova*

Л.А. Ильин<sup>1</sup>, Я.Э. Кенигсберг<sup>2</sup>, И.И. Линге<sup>3</sup>, И.А. Лихтарев<sup>4</sup>,  
М.Н. Савкин<sup>3</sup>

## РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ ПРИ РЕАГИРОВАНИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКУЮ АВАРИЮ

L.A. Ilyin<sup>1</sup>, Ja.E. Kenigsberg<sup>2</sup>, I.I. Linge<sup>3</sup>, I.A. Likhtarev<sup>4</sup>, M.N. Savkin<sup>3</sup>

## Radiation Protection of the Population in Response to the Chernobyl Accident

### РЕФЕРАТ

### ABSTRACT

**Цель:** Анализ радиологических аспектов аварийного реагирования, в т.ч. числе гигиенических критериев радиационной защиты населения в различных фазах аварии, радиационного зонирования, достижений и недостатков предпринятых мер, сравнения научного базиса, использованного для принятия государственных решений, с современными подходами и критериями.

**Материал и методы:** Исследования были выполнены путем изучения опыта осуществления конкретных мероприятий по локализации аварийного источника на атомной станции и радиационной защите населения в первые послеаварийные годы, в условиях реально существовавшей к моменту аварии системы принятия решений в чрезвычайных ситуациях.

**Результаты:** Сформулированы основные результаты и радиологические последствия противоаварийных работ по локализации аварии на промплощадке и в 30-км зоне. Оценена степень безопасности аварийных радиационно-гигиенических регламентов для ликвидаторов. Рассмотрена эффективность ключевых мер по защите населения на ранней фазе аварии: укрытие населения, эвакуация населения, йодная профилактика. Проанализированы процессы радиационного зонирования территории на основе дозового подхода (Л.А. Ильин, Ю.А. Израэль) — важнейшего мероприятия, реализованного в промежуточной и поздней фазах аварии. Подробно рассмотрено в практическом плане одно из основных краткосрочных и долгосрочных мероприятий — гигиеническая регламентация содержания радионуклидов в пищевых продуктах.

**Выводы:** За исключением йодной профилактики, меры по радиационной защите населения оказались своевременными, что позволило избежать детерминированных радиологических эффектов облучения и снизить отдаленные последствия. Позднее введение йодной профилактики потребовало проведения масштабных медицинских мероприятий на загрязненных территориях, связанных с ранней диагностикой и лечением пострадавших. Меры радиационной защиты на позднем этапе аварии оказались избыточными и перестали быть приоритетными в сравнении с другими направлениями реабилитации.

**Ключевые слова:** радиационная защита, население, дозы облучения, нормирование, допустимые уровни, пищевые продукты

**Purpose:** The analysis of the radiobiological aspects of emergency response: hygienic criteria for radiation protection of the population in various phases of the accident, radiation zoning, the achievements and shortcomings of the measures taken, comparison of the scientific basis, used for government decision-making, with modern approaches and criteria.

**Material and methods:** The study was carried out by studying the experience of the implementation of specific actions for localization of the source at the nuclear plant and radiation protection of the population in the first post-accident years, under the condition of really existed decision-making system for emergency situations at the time of the accident.

**Results:** The basic results and radiological consequences of the emergency work for accident localization at the site and in a 30-km zone are formulated. The degree of safety of emergency radiation-hygienic regulations for the liquidators was estimated. Efficiency of the main ways of population protection in the early phase of the accident was investigated: public shelter, population evacuation, iodine prophylaxis. Processes of radiation zoning on the basis of dose approach (L.A. Ilyin, Y.A. Izrael) — the most important remedies implemented in the intermediate and late phases of the accident were analyzed. It was discussed in detail, in practical terms, one of the main short-term and long-term remedies — hygienic regulation of the content of radionuclides in food.

**Conclusion:** With the exception of iodine prophylaxis, remedies for public radiation protection were timely, helped to avoid deterministic effects of radiological exposure and reduces the long-term consequences. Later, the establishment of the iodine prophylaxis would require a large-scale of health care operations in contaminated areas associated with early diagnosis and treatment of victims. Activities of radiation protection at a late stage of the accident were excessive and ceased to be priority in comparison to other directions of rehabilitation.

**Key words:** radiation protection, population, radiation dose, standards, permissible levels, food products

### Введение

Анализ защитных мероприятий, осуществленных после чернобыльской аварии, неоднократно проводился как авторитетными национальными и международными организациями, так и непосредственными участниками этих событий [1–8]. Тем не менее, уроки Чернобыля остаются актуальными для перспективных

целей: создания эффективных систем аварийной готовности и аварийного реагирования, сохранения и передачи накопленного практического опыта проведения долгосрочных мер радиационной защиты.

Рассматривая ход осуществления конкретных мероприятий по предотвращению катастрофического развития событий на АЭС, локализации аварий-

<sup>1</sup> Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва. E-mail: fmbsc-fmba@bk.ru

<sup>2</sup> Национальная комиссия по радиационной защите Белоруссии (НКРЗ)

<sup>3</sup> Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Москва

<sup>4</sup> Институт радиационной защиты, Киев

<sup>1</sup> A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of FMBA, Moscow, Russia. E-mail: fmbsc-fmba@bk.ru

<sup>2</sup> National Committee on Radiation Protection of Belarus, Minsk, Belarus

<sup>3</sup> Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>4</sup> Radiation Protection Institute, Kiev, Ukraine

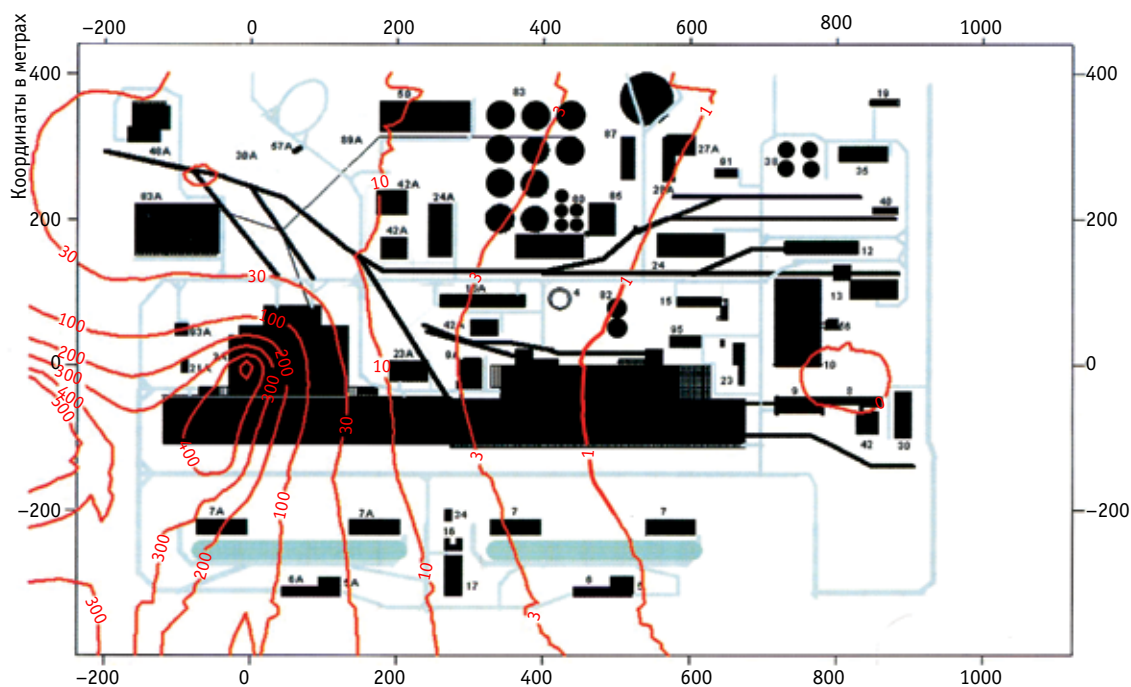


Рис. 1. Радиационная обстановка в первые сутки после аварии (мощность дозы гамма-излучения, Р/ч)

ного источника и радиационной защите населения в первые послеаварийные годы, нельзя абстрагироваться от реально существовавшей к моменту аварии системы государственного управления и механизмов принятия решений в чрезвычайных ситуациях, которая основывалась на строгой вертикали власти и режиме секретности в области атомной энергетики и промышленности.

Целью настоящего сообщения является рассмотрение только радиологических аспектов аварийного реагирования: гигиенических критериев радиационной защиты населения в различных фазах аварии, радиационного зонирования, достижений и недостатков предпринятых мер и сравнения научного базиса, использованного для принятия государственных решений, с современными подходами и критериями.

### **Радиационная защита участников ликвидации последствий аварии**

Можно выделить четыре характерных этапа работ на промплощадке ЧАЭС в первый год:

- 1-й — 26 апреля (длительностью 15 ч);
- 2-й — 26 апреля — 6 мая (10 сут);
- 3-й — 7 мая — 31 мая (25 сут);
- 4-й — июнь—ноябрь (6 мес).

На 1-м этапе (до прибытия Правительственной комиссии) силами военизированной пожарной части (ВПЧ-2) были ликвидированы многочисленные (более 30) возгорания на крыше реактора и машзала. Некоторые из этих возгораний перекинулись на

машзал, и через кабельные проемы огонь стал распространяться в направлении III блока. К 2 ч 10 мин были ликвидированы наиболее крупные очаги пожара на крыше машзала, к 2 ч 30 мин взяты под контроль очаги на крыше реакторного зала, к 4 ч 50 мин утра большая часть очагов пожара была ликвидирована [7]. На объекте работало 250 пожарных, из которых 69 непосредственно участвовали в тушении пожара. Эти героические действия стоили жизни шести пожарным.

Оперативный персонал IV блока в это время решал множество задач, связанных с обеспечением работоспособности сохранявшихся систем и оборудования, предотвращением развития аварии на наиболее опасных участках машзала, где размещались горючие и взрывоопасные источники, и подачей охлаждающей воды в реактор. Отсутствие аварийного дозиметрического контроля персонала в исключительно тяжелой радиационной обстановке (рис. 1) привело к его переоблучению в клинически значимых дозах. Именно на 1-м этапе сформировались все прямые радиационные поражения чернобыльской аварии (острая лучевая болезнь).

На 2-м этапе основной задачей стала борьба с огнем и интенсивными выбросами радиоактивных веществ. В общей сложности в реактор было сброшено около 5 тыс. тонн различных материалов:

- 2400 т свинца (для охлаждения топлива);
- 40 т карбида бора (для предупреждения возникновения самопроизвольной цепной реакции деления (СЦР);

— 800 т доломита (для выделения углекислого газа с целью уменьшения горения графита);

— 1800 т песка и глины (для фильтрации радиоактивного выброса).

Кроме того, для охлаждения активной зоны осуществлялась подача воды через остатки аварийных систем охлаждения.

Другая проблема срочного реагирования состояла в предотвращении прожигания опорной плиты реактора и попадания расплава в наполненные радиоактивной водой (как предполагалось) подреакторные помещения. С этой целью был проложен туннель под разрушенный реактор, была откачана вода и создана система охлаждения опорной плиты реактора жидким азотом.

До настоящего времени нет единого мнения специалистов об эффективности столь интенсивных работ в части снижения ядерной опасности активной зоны и выбросов радионуклидов.

Так или иначе, 6 мая основной неуправляемый выброс во внешнюю среду закончился.

На 3-м этапе были приняты и начали реализовываться стратегические решения по преодолению последствий аварии. Генеральный курс заключался в интенсификации работ (в первую очередь, дезактивационных), направленных на восстановление деятельности ЧАЭС. Это потребовало вовлечения в процесс значительных людских и материальных ресурсов. Следует привести выдержку из Постановления ЦК КПСС и СМ СССР [9] и принятый график выполнения работ (табл. 1).

Таблица 1

#### График выполнения работ по дезактивации и их результаты [9]

| Объект                                                                  | Планируемые сроки        | Результат                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Энергоблоки I и II с внешними производственными зданиями и сооружениями | 07.1986 г.               | Блок I пущен в октябре 1986 г.<br>Блок II пущен в октябре 1986 г.                                                             |
| Энергоблок III<br>Территория вокруг блока IV                            | 08.1986 г.<br>09.1986 г. | Блок III пущен в декабре 1987 г.<br>Объект «Укрытие» сдан в ноябре 1986 г. Радиационная обстановка улучшилась в конце 1987 г. |
| Площадка строительства блоков V и VI                                    | 10.1986 г.               | Вопрос о завершении строительства в последующем не поднимался                                                                 |
| Зона временного выселения (по согласованию с СМ УССР и СМ БССР)         | 09.1986 г.               | Резьвакуации населения не произошло                                                                                           |

Таблица 2

#### Оценки эффективных доз внешнего облучения, полученных ликвидаторами в 30-км зоне в 1986–1987 гг. [10]

| Группа                              | Число работников (ликвидаторов) |        | Средняя доза, мЗв |      | Коллективная доза, чел×Зв |      |
|-------------------------------------|---------------------------------|--------|-------------------|------|---------------------------|------|
|                                     | 1986                            | 1987   | 1986              | 1987 | 1986                      | 1987 |
| Персонал АЭС                        | 2358                            | 4498   | 87                | 15   | 210                       | 70   |
| Строители                           | 21500                           | 5376   | 82                | 25   | 1760                      | 130  |
| Транспортные работники, охрана      | 31021                           | 32518  | 6,5               | 27   | 200                       | 870  |
| Военные                             | 61762                           | 63751  | 110               | 63   | 6800                      | 4000 |
| Работники с других АЭС              |                                 | 3458   |                   | 9,3  |                           | 30   |
| Суммарные или средние оценки за год | 116641                          | 109601 | 77                | 47   | 8970                      | 5100 |
| Суммарные или средние оценки        | 226242                          |        | 62                |      | 14070                     |      |

«В целях ускорения дезактивационных работ в зоне Чернобыльской АЭС ЦК КПСС и СМ СССР постановляют: ускорить развертывание соединений, частей и подразделений, призвать из запаса на специальные учебные сборы сроком до 6 месяцев необходимое количество военнообязанных... Призыв военнообязанных осуществлять сверх лимитов, установленных Министерству обороны...»

Сравнение планируемых сроков и результатов с фактическими показывает, что вся сложность проблемы раскрывалась постепенно, некоторые цели так и остались нереализованными.

Наиболее масштабными и затратными на 4-м этапе стали сооружение объекта «Укрытие», дезактивация промплощадки и других объектов 30-км зоны и строительство гидротехнических сооружений.

В течение 1986–1987 гг. к работам в 30-км зоне были привлечены около 230 тыс. человек, в т.ч. более 55 % военнослужащих. Оценка средних доз облучения, полученных различными контингентами ликвидаторов, дана в табл. 2 [10].

В упрощенном виде результаты и последствия деятельности по локализации аварийного источника показаны в табл. 3.

Действовавшие к моменту чернобыльской аварии Нормы радиационной безопасности (НРБ-76) допускали планируемое повышенное облучение персонала при ликвидации последствий аварии в 2 раза выше предельно допустимой дозы (5 бэр в год) в каждом отдельном случае (однократном вмешательстве) или в 5 раз на протяжении всего периода работы. Правительственная комиссия приняла решение

Таблица 3

**Основные результаты и последствия противоаварийных работ по локализации аварии на промплощадке и в 30-км зоне**

| Этап | Итоги                                                                                                                                       | Последствия                                                                                                                                                            |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I    | Предотвращение катастрофического развития аварии<br>Остановлен III энергоблок                                                               | Облучение оперативного персонала и пожарных в высоких (клинически значимых) дозах                                                                                      |
| II   | Остановлены I и II энергоблоки с глубокой консервацией<br>Прекращение аварийного выброса                                                    | Нарастание интенсивности работ<br>Высокие дозовые нагрузки на персонал                                                                                                 |
| III  | Дезактивация зданий и территории промплощадки<br>Принятие стратегических решений и графика работ                                            | Образование специфической социальной группы – ликвидаторов<br>Неэффективная организация индивидуального дозиметрического контроля                                      |
| IV   | Сооружение объекта «Укрытие»<br>Создание инженерно-технических барьеров (гидротехнических сооружений) и проведение водоохранных мероприятий | Высокие дозовые нагрузки на ликвидаторов.<br>Существенные экономические и трудовые затраты при низкой эффективности водоохранных мер. Подтопление некоторых территорий |

установить на время проведения работ в 1986 г. планируемое повышенное облучение до 25 бэр (250 мЗв). Министерство здравоохранения СССР закрепило это решение 12 июля 1986 г., приняв «Временные санитарные требования безопасности при выполнении работ по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС».

В 1987 г. пределы годовой дозы были снижены до 0,05 и 0,1 Зв в зависимости от вида работ, выполняемых на промплощадке. Однако для ограниченного числа ликвидаторов, осуществлявших исключительно важные виды работ, Министерство здравоохранения СССР могло разрешать облучение до 0,25 Зв. В 1988 г. был установлен предел дозы, равный 0,05 Зв для всех гражданских ликвидаторов, за исключением тех, которые участвовали в дезактивации машинного зала внутри объекта «Укрытие»; для них был установлен годовой предел дозы в 0,1 Зв. С 1989 г. для всех без исключения работников был принят годовой предел дозы 0,05 Зв.

При оценке степени безопасности аварийных радиационно-гигиенических регламентов для ликвидаторов правомерен вопрос о медицинских радиологических последствиях облучения этого контингента. Во-первых, следует еще раз констатировать, что тяжелые детерминированные эффекты (лучевые поражения) не были зарегистрированы (исключая 134 случая острой лучевой болезни среди аварийного персонала и пожарных). Во-вторых, повышенный выход наследственных эффектов у потомков ликвидаторов не выявлен. В-третьих, известно, что среди злокачественных новообразований лейкозы являются наиболее чувствительным и объективным индикатором облучения, т.к. имеют максимальный радиационный риск и минимальный латентный период. По фактическим данным Российского национального радиационно-эпидемиологического регистра, 55 заболеваний лейкозами у ликвидаторов обусловлены радиационным фактором. При этом превышение спонтанного уровня

лейкозов отмечено у лиц, получивших дозу свыше 150 мЗв [12].

Современные международные и отечественные нормативные документы рассматривают облучение персонала сверх дозовых пределов как исключительную меру, оправданную только спасением людей и предотвращением катастрофического развития событий. С этой точки зрения, масштабные дезаквационные работы, строительство объекта «Укрытие» и другие работы с современных воззрений следовало бы проводить с соблюдением дозового предела. Гипотетически предполагая применение такого ограничения дозы, в 1986 г. для реализации принятых стратегических решений партии и правительства потребовалось бы привлечение к работам по ЛПА дополнительно сотен тысяч людей, не обладающих опытом работы в радиационно опасных условиях. Очевидно, такая мера привела бы к еще более тяжелым социальным последствиям.

### **Мероприятия по защите населения**

Основные цели радиационной защиты населения в ранней фазе аварии достаточно четко определены. Это, в первую очередь, предотвращение детерминированных эффектов. Затем снижение риска возникновения отдаленных последствий облучения путем проведения защитных мероприятий, особенно в отношении наиболее уязвимого населения. И, наконец, как показал опыт аварии на американской АЭС Three Mile Island в 1979 г. и, тем более, чернобыльская авария, – смягчение социально-психологических последствий вмешательства. Необходимыми условиями реализации этих целей являются:

- оперативный контроль радиационной обстановки;
- действующие критерии вмешательства;
- установленный порядок принятия решений;
- система оповещения и продуманная информационно-разъяснительная полигика.

Хотя в настоящее время мировая система контроля и коммуникаций перешла в новое качество, тем

не менее, радиационный контроль к моменту чернобыльской аварии был достаточно развит, имел четкие организационные структуры. Были установлены отечественные критерии для принятия решений по защите населения в случае аварии на ядерном реакторе [13, 14] (первые — за 15 лет до чернобыльской аварии).

Как известно, среди ключевых мер защиты населения на ранней фазе аварии выделяют: укрытие, эвакуацию и йодную профилактику.

#### **Укрытие населения**

Укрытие рекомендуется использовать на срок не более 1–2 сут как превентивную меру в период радиоактивных выпадений. Критерии вмешательства для этого мероприятия приведены в табл. 4.

Таблица 4

#### **Критерии вмешательства для укрытия**

| Год установления         | Параметр                       | Уровень А | Уровень Б |
|--------------------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| 1983 (СССР)              | Не устанавливались             |           |           |
| 1996 (МАГАТЭ)            | Предотвращаемая доза за 2 сут  | 10 мЗв    |           |
| 1997–1999 (НРБУ, НРБ-99) | Предотвращаемая доза за 10 сут | 5 мГр     | 50 мГр    |

Из-за отсутствия оповещения населения, как главного условия современного проведения укрытия, эта мера практически не проводилась, хотя встречаются указания о подобной рекомендации, сделанной 26 апреля 1986 г., и в частности, об отмене уроков физкультуры на открытом воздухе в некоторых школах Припяти. На основании данных о дозах облучения можно предположить, что эта мера могла бы дать эффект порядка 100 чел.·Зв (до эвакуации). С современных позиций и критериев укрытие целесообразно использовать как превентивную меру в радиусе 3–10 км даже при отсутствии подтверждающих радиационных

измерений в случае возникновения нештатных событий на атомной станции.

#### **Эвакуация населения**

До чернобыльской аварии были установлены двухуровневые критерии эвакуации населения (табл. 5).

Таблица 5

#### **Критерии вмешательства для эвакуации**

| Год установления         | Параметр                                                                  | Уровень А         | Уровень Б           |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|
| 1983 (СССР)              | Ожидаемая доза за 7 сут                                                   | 250 мГр           | 750 мГр             |
| 1996 (МАГАТЭ)            | Предотвращаемая доза за 7 сут                                             | 50 мЗв            |                     |
| 1997–1999 (НРБУ, НРБ-99) | Предотвращаемая доза за 10 сут<br>— на все тело<br>— на щитовидную железу | 50 мГр<br>500 мГр | 500 мГр<br>5000 мГр |

Последовательность эвакуации (точнее, эвакуации и отселения) в 1986 г. приведена в табл. 6.

Из табл. 6 следует, что в течение первых двух суток после аварии было эвакуировано около 50 тыс. человек (Припять, ж/д станция Янов). В последующие 10 сут было эвакуировано сельское население 30-км зоны и Чернобыля — также около 50 тыс. человек. Последующие этапы отселения (май–июнь) и (август–сентябрь) относились к сельским населенным пунктам вне 30-км зоны с учетом сложившейся радиационной обстановки. На этих этапах было отселено примерно по 8 тыс. человек. Фактически основанием для эвакуации населения после аварии на ЧАЭС служила не только реальная возможность превышения уровней вмешательства, но и неопределенность развития аварии на IV блоке (до 6 мая), и возможная угроза парового взрыва, а также возможное превышение временного предела дозы 100 мЗв год в населенных пунктах последней очереди эвакуации.

Таблица 6

#### **Эвакуация населения в 1986 г.**

|               | Количество населенных пунктов, расположение      | Дата эвакуации     | Количество эвакуированных |
|---------------|--------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Белоруссия    | 51 деревня из 30-км зоны                         | 2–7 мая            | 11358                     |
|               | 28 деревень вне 30-км зоны                       | 3–10 июня          | 6017                      |
|               | 29 деревень вне 30-км зоны                       | август             | 7350                      |
|               | Итого 108 деревень                               |                    | 24725                     |
| Россия        | 4 деревни Красногорского района Брянской области | август             | 186                       |
| Украина       | г. Припять                                       | 27 апреля          | 49360                     |
|               | ж/д станция Янов                                 | 27 апреля          | 254                       |
|               | с. Бураковка                                     | 30 апреля          | 226                       |
|               | 15 сел из 10-км зоны                             | 3 мая              | 9864                      |
|               | г. Чернобыль                                     | 5 мая              | 13591                     |
|               | 43 села из 30-км зоны                            | 3–7 мая            | 14542                     |
|               | 8 сел вне 30-км зоны                             | 14–31 мая          | 2424                      |
|               | 4 села вблизи 30-км зоны                         | 10 июня–16 августа | 434                       |
|               | с. Бобер                                         | сентябрь           | 711                       |
|               | Итого 75 населенных пунктов                      |                    | 91406                     |
| Всего по СССР | Всего 187 эвакуированных населенных пунктов      |                    | 116317                    |

Сводные оценки доз внешнего облучения, полученных населением до эвакуации, приведены в табл. 7.

Таблица 7

**Фактические дозы внешнего облучения  
(до эвакуации)**

|                   | Индивидуальная доза, мЗв |               | Коллективная доза, чел.-Зв |
|-------------------|--------------------------|---------------|----------------------------|
|                   | Средняя                  | Максимальная* |                            |
| Белоруссия        | 31                       | 210           | 770                        |
| Украина           | 17                       | 200           | 1500                       |
| в т.ч. г. Припять | 13                       | 50            | 670                        |

Примечание:

\* Значение 99 % процентиля распределения индивидуальных доз

Достаточно эффективное купирование наибольших ожидаемых доз за счет эвакуации сельского населения Белоруссии иллюстрируется на рис. 2.

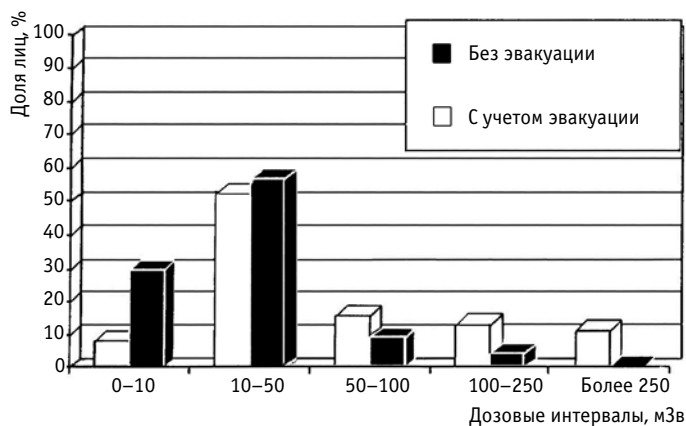


Рис. 2. Распределение ожидаемых и фактических доз внешнего облучения (Белоруссия — 24 725 чел)

Среди 24 725 эвакуированных лиц из Белоруссии дозы выше 250 мЗв (нижнего уровня вмешательства), по расчетам, получили около 160 человек. Если бы эвакуации не было, то число таких лиц могло составить примерно 2700 человек.

В целом с учетом эвакуации в Белоруссии и на Украине реализованная коллективная доза внешнего и внутреннего облучения (без дозы на щитовидную железу) составила 4000 чел.-Зв, предотвращенная коллективная доза — 10 000 чел.-Зв. Из 116 тыс. человек лишь около 500 получили дозу в диапазоне 0,25–0,75 Зв.

Таким образом, основные результаты эвакуации заключались в следующем: среди населения не зарегистрировано случаев острой лучевой болезни; до сих пор не установлена более высокая онкологическая заболеваемость (исключая рак щитовидной железы) у эвакуированных в сравнении с остальным населением.

**Йодная профилактика**

Как отмечалось выше, первые критерии и инструкции по проведению йодной профилактики были установлены в 1970 г. [13]. Сравнение действовавших к 1986 г. критериев [14] с современными приведено в табл. 8.

Таблица 8

**Критерии вмешательства**

| Год установления         | Параметр                   | Уровень А   | Уровень Б |
|--------------------------|----------------------------|-------------|-----------|
| 1983 (СССР)              | Ожидаемая доза на ЩЖ       | 250–300 мГр | 2500 мГр  |
| 1996 (МАГАТЭ)            | Предотвращаемая доза на ЩЖ | 100 мГр     |           |
| 1997–1999 (НРБУ, НРБ-99) | Предотвращаемая доза на ЩЖ | Взрослые    |           |
|                          |                            | 250 мГр     | 2500 мГр  |
|                          |                            | Дети        |           |
|                          |                            | 100 мГр     | 1000 мГр  |

Международные рекомендации ориентированы, главным образом, на снижение доз облучения щитовидной железы (ЩЖ) за счет ингаляционного поступления радиоизотопов йода. Предполагается, что купирование пищевого пути поступления следует проводить за счет ограничения потребления загрязненных пищевых продуктов. Однако в специфических условиях чернобыльской аварии, когда оперативных поставок чистых продуктов в сельские населенные пункты не было, йодная профилактика должна была ориентироваться и на купирование поступления  $^{131}\text{I}$  с пищевыми продуктами.

Известно, что защитный эффект приема стабильного йода при ингаляционном пути поступления радиоизотопов йода составляет 100 раз (прием за 6 часов до ингаляции) и 10 раз (прием во время ингаляции).

Кратности снижения дозы на щитовидную железу при задержке йодной профилактики для перорального варианта поступления даны в табл. 9.

Таблица 9

**Эффективность йодной профилактики  
при различных сроках ее проведения**

| Задержка профилактики, сут | 1  | 3 | 6 | 10  | 15  |
|----------------------------|----|---|---|-----|-----|
| Кратность снижения         | 12 | 4 | 2 | 1,4 | 1,2 |

Указанные закономерности снижения доз при проведении йодной профилактики диктовали проведение первоочередной профилактики в ближней зоне ЧАЭС. Ретроспективные оценки показали, что зона экстренной профилактики для купирования ингаляционной составляющей и основном укладывалась в 30-км зону ЧАЭС (рис. 3), а зона возможной йодной профилактики по пероральному пути примерно соответствовала плотности загрязнения территории  $^{137}\text{Cs}$  — 2 Ки/км<sup>2</sup> для детей и 15 Ки/км<sup>2</sup> для взрослых.

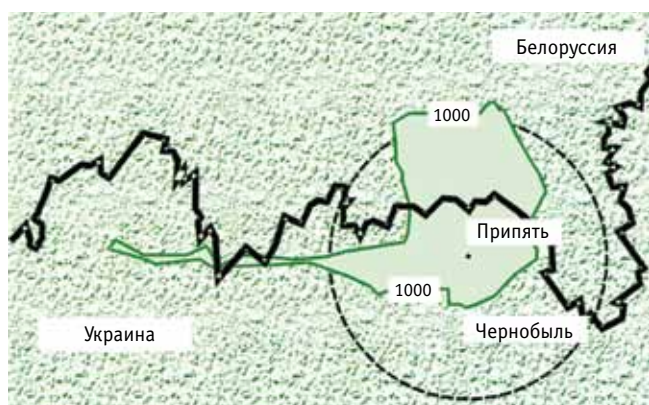


Рис. 3. Зона экстренной профилактики (ретроспективно)  
 — изолиния выпадений  $^{131}\text{I}$  1000 Ки/км<sup>2</sup> (37 МБк/м<sup>2</sup>) по состоянию на 27 апреля 1986 г.

Для первых официальных заявлений о масштабах проведения йодной профилактики аварии на ЧАЭС характерно серьезное завышение масштабов и эффективности ее проведения. По линии министерств здравоохранения были даны следующие оценки: йодной профилактикой охвачено 5 млн человек, в т.ч. 1,6 млн детей. К сожалению, более поздние исследования не подтверждают этих оценок, по крайней мере, по отношению к апрелю и маю 1986 г. На складах Припяти и Чернобыля до аварии был заложен достаточный запас йодида калия, но решение на проведение йодной профилактики жителей 30-км зоны было принято с опозданием из-за нерешительности местных органов власти. Киевский облздравотдел принял решение по йодной профилактике только 6 мая. В РСФСР в период с июня до середины августа 1986 г. йодной профилактикой было охвачено 71 930 человек, в т.ч. 25 тыс. детей. Совершенно очевидно, что такие поздние сроки йодной профилактики предопределили ее нулевую эффективность.

Достаточно убедительны факты проведения йодной профилактики в г. Припять, где по оценкам йодной профилактикой было охвачено 70 % населения, в т.ч. с 26 апреля — 60 %.

Реальная эффективность йодной профилактики по кратности снижения дозы приведена в табл. 10.

Таблица 10

**Фактическая эффективность йодной профилактики (кратность снижения дозы)**

|                                |                                                               |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| г. Припять                     |                                                               |
| Двукратный прием               | 2,3 раза                                                      |
| Однократный прием              | 1,6 раза                                                      |
| Эвакуированные сельские пункты | Не более 1,4 раза для детей                                   |
| Загрязненные территории        | Незначительная (из-за задержки проведения и неполного охвата) |

В итоге реализованные дозы на ЩЖ (средние у детей до 3 лет) составили: для эвакуированных сел — 3,6–4,3 Гр; для наиболее загрязненных областей 0,2–2,0 Гр.

Таким образом, существенная задержка в принятии решения об оповещении населения, обеспечении препаратами стабильного йода и отсутствие этапности и приоритета проведения йодной профилактики в сельских населенных пунктах привели к ее низкой эффективности.

Чернобыльский опыт показывает, что в случае аварий на реакторных установках необходимо иметь:

- запасы препаратов стабильного йода, в т.ч. оперативные, размещенные как в непосредственной близости от опасных объектов (для предотвращения ингаляционного поступления), так и стратегические, которые могут быть доставлены в район аварии в течение первых суток;
- схемы, процедуры и инструкции по порядку распространения и учета применения препаратов стабильного йода среди населения в чрезвычайной ситуации;
- процедуры регулярной проверки дееспособности планов, схем и инструкций на случай аварии на АЭС.

### Процессы радиационного зонирования

Важнейшим методологическим подходом, реализованным в промежуточной и поздней фазах аварии, было радиационное зонирование территории на основе дозового подхода, по значениям измеряемых радиометрических и дозиметрических величин (Л.А. Ильин, Ю.А. Израэль).

Выделение территории с различными уровнями ожидаемых доз облучения населения было направлено на рациональное и своевременное планирование оперативных и долгосрочных контрмер.

Для зонирования по внешнему облучению было предложено использовать среднее значение мощности дозы гамма-излучения на открытой местности, приведенное к 10 мая 1986 г. Выбор данного параметра в качестве базового определялся двумя факторами:

- информационной полнотой и достоверностью данных по мощности дозы во всех населенных пунктах;
- простой связью между мощностью дозы и годовой дозой внешнего облучения.

Первоначально оценивалось, что значению мощности дозы  $1 \text{ мР} \times \text{ч}^{-1}$  на 10.05.1986 соответствовала годовая доза внешнего облучения на критическую группу населения 100 мЗв.

Были установлены следующие зоны:

$> 20 \text{ мР} \times \text{ч}^{-1}$  — зона отчуждения, территория, с которой население эвакуировалось навсегда;

5–20 мР×ч<sup>-1</sup> — зона временной эвакуации, территория, на которую предполагалось вернуть жителей по мере нормализации радиационной обстановки;

3–5 мР×ч<sup>-1</sup> — зона жесткого контроля, территория, с которой проводился организованный вывоз детей и беременных в чистые районы страны на летний период 1986 г.

Для зонирования по внутреннему облучению в конце мая было предложено использовать среднюю плотность поверхностного загрязнения почвы в населенном пункте долгоживущими биологически значимыми нуклидами <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr, <sup>239,240</sup>Pu.

Численные значения критериев по плотности поверхностного загрязнения составили 5,55×10<sup>5</sup> Бк/м<sup>2</sup> по <sup>137</sup>Cs, 1,11×10<sup>5</sup> Бк/м<sup>2</sup> по <sup>90</sup>Sr и 3,7×10<sup>3</sup> Бк/м<sup>2</sup> по <sup>239,240</sup>Pu.

В последующие годы эти критерии были использованы без изменений и дополнительных обоснований в союзном и республиканских законах о социальной защите граждан и соответствующих концепциях для определения границ зоны отселения или отчуждения. Между тем, изначальные условия применения плотностей радиоактивного загрязнения местности в качестве производных критериев отражали специфику отечественного радиационного нормирования к 1986 г. — по величине ожидаемой годовой эквивалентной дозы в критическом органе для критической группы населения, а не средней эффективной эквивалентной дозы, как было принято с 1991 г. (впоследствии — средней эффективной дозы).

Выбор указанных выше значений базировался на предшествующем опыте. В отношении <sup>137</sup>Cs принималось, что загрязнение пищевых продуктов (и, в первую очередь, молока) в первый год после аварии определяется аэральным путем загрязнения, а во втором — почвенным путем с учетом радиоэкологических особенностей Украинско-Белорусского Полесья, обуславливающих высокую подвижность цезия. Первоначальные оценки доз внутреннего облучения в первый год после аварии от <sup>134</sup>Cs и <sup>137</sup>Cs в расчете на 1 Ки/км<sup>2</sup> (37 кБк/м<sup>2</sup>) <sup>137</sup>Cs составляли 6,2 мЗв/год при постоянном проживании и 2,8 мЗв/год при временном отселении на чистые территории с 10-х по 128-е сут (5 мая — 1 сентября) после аварии. Таким образом, плотности загрязнения 15 Ки/км<sup>2</sup> (555 кБк/м<sup>2</sup>) соответствовали дозы внутреннего облучения примерно 100 мЗв/год при постоянном проживании и 50 мЗв/год при временном выезде.

Выбор границы 3 Ки/км<sup>2</sup> (111 кБк/м<sup>2</sup>) по <sup>90</sup>Sr определялся исходя из опыта аварии на ПО «Маяк» (1957 г.), где в качестве границы проживания населения без каких-либо ограничений (в терминологии тех лет — границы санитарно-защитной зоны) было установлено значение 2 Ки/км<sup>2</sup>. Первоначальное обосно-

вание этого уровня исходило из величины предельно допустимого содержания <sup>90</sup>Sr в организме человека, равной 1 мкКи (37 кБк), при переходе свободного кальция и его близкого химического аналога <sup>90</sup>Sr из почвы в сельскохозяйственные культуры, животных и человека, потребляющего загрязненные продукты. Модель А.С. Chamberlain и оценка предельно допустимого уровня загрязнения почвы <sup>90</sup>Sr — 2 Ки/км<sup>2</sup>, доложенные в 1955 г. на I Международной конференции по мирному использованию атомной энергии, стали основой для принятия решений. Позже, в 1970 г., были проведены перерасчеты границы санитарно-защитной зоны с учетом реально оцененных коэффициентов перехода <sup>90</sup>Sr из почвы в пищевые продукты местного рациона питания и установленного в НРБ-69 предела годового поступления растворимых соединений <sup>90</sup>Sr через органы пищеварения для ограниченной части населения — категория Б — 0,32 мкКи (примерно 12 кБк). В этом случае критическим органом является кость. Расчетная величина составила 4 Ки/км<sup>2</sup>. Отметим, что в настоящее время предел годового поступления <sup>90</sup>Sr составляет 13 кБк и рассчитан для критической группы — детей в возрасте 12–17 лет.

Последующие динамические наблюдения после чернобыльской аварии за поведением радионуклидов во внешней среде показали, что приведенные выше соотношения между дозой и плотностью загрязнения являются неоднозначными и обладают избыточной консервативностью.

В истории планирования долгосрочных контрмер особое место занимает период с июля по август 1986 г. В первой половине июля были подготовлены официальные карты загрязнения территории долгоживущими радионуклидами <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr и <sup>239,240</sup>Pu. Внутри изолинии 555 кБк/м<sup>2</sup> по <sup>37</sup>Cs в каждом населенном пункте (НП), были определены средние плотности загрязнения. К 18 июля были разработаны и утверждены «Методические принципы расчет уровней внешнего и внутреннего облучения населения» и проведены расчеты ожидаемых годовых доз для НП, из которых в летний период 1986 г. был проведен организованный вывоз детей и беременных женщин в чистые районы страны. Задание рабочей группе НКРЗ было сформулировано следующим образом: оценить возможность возвращения к началу учебного года (сентябрь–октябрь) указанных групп населения с радиационно-гигиенических позиций.

Основываясь на установленном Минздравом СССР временном годовом пределе дозы 100 мЗв (50 мЗв внешнего, 50 мЗв внутреннего облучения) и оценках доз, все НП были разделены на три группы:

I — возвращение допустимо без ограничений;

Таблица 11

**Сводные данные по количеству НП и общей численности населения, проживающего в зонах 3–5 мР/ч (по состоянию на 10 мая 1986 г.) и 555 кБк/м<sup>2</sup> и выше по <sup>137</sup>Cs. Июль 1986 г.**

|               | Группа           |                       |                  |                       |                  |                       | Всего            |                       |
|---------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
|               | I                |                       | II               |                       | III              |                       |                  |                       |
|               | Количество<br>НП | Количество<br>жителей | Количество<br>НП | Количество<br>жителей | Количество<br>НП | Количество<br>жителей | Количество<br>НП | Количество<br>жителей |
| Белоруссия    | 143              | 61257                 | 90               | 34503                 | 35               | 10005                 | 268              | 105765                |
| Россия        | 3                | 878                   | 62               | 70657                 | 41               | 12535                 | 106              | 84050                 |
| Украина       | 35               | 26217                 | 11               | 15412                 | 1                | 711                   | 47               | 42340                 |
| Всего по СССР | 181              | 88352                 | 163              | 120552                | 77               | 23251                 | 421              | 232155                |

II — возвращение допустимо с ограничением местного рациона;

III — возвращение недопустимо.

Сводные данные по количеству НП и общей численности населения в указанных группах приведены в табл. 11.

Следует отметить, что временный вывоз детей и беременных женщин был реализован впервые в мировой практике. Первоначально планировался вывоз 80 тыс. детей и 5 тыс. беременных женщин из зоны жесткого контроля. Фактически только на Украине вывезено 200 тыс. детей. Предотвращенная доза (1–40 мЗв) составила 15–20 % от ожидаемой за 1986 г.

Таким образом, в августе 1986 г. была организована зона жесткого контроля и установлен комплекс защитных мер, направленный на обеспечение радиационной безопасности населения.

С учетом динамики радиационной обстановки на второй год после аварии (26.04.1987–25.04.1988) был установлен временный предел дозы для населения 30 мЗв/год и на третий год — 25 мЗв/год.

К началу 1988 г. был получен большой массив данных о радиационной обстановке, итогах реализации контрмер, положительных и отрицательных последствиях введения зоны жесткого контроля. Наряду с высокой эффективностью контрмер по показателю снижения дозы внутреннего облучения отмечалось неуклонное нарастание социальной напряженности. Из-за ограничений и самоограничений ухудшалось общее состояние здоровья, особенно у детского контингента. У властей накопилась психологическая усталость от напряженного и недостаточно эффективного, по их мнению, хода работ по преодолению последствий аварии. Основной вопрос заключался в следующем: когда и при каких условиях можно считать завершенными работы по ликвидации последствий аварии?

В результате многочисленных дискуссий в НКРЗ при Минздраве СССР был принят консервативный

вариант — ограничение предела дозы за жизнь на критическую группу населения — 0,35 Зв (35 бэр).

Лейтмотивом «35-бэрной концепции» было снятие ограничений на режим жизнедеятельности людей, проживающих в зоне жесткого контроля, и обеспечение непревышения установленного уровня пожизненной дозы.

Там, где этот предел не достигается, предполагалось поэтапное возвращение к нормальным условиям жизнедеятельности. В тех случаях, где этот предел превышался, рассматривались варианты проведения интенсивных реабилитационных мероприятий. И только для тех НП, где и это не помогало, предполагалось отселение жителей. Такой подход позволял выйти на исторически обозримые перспективы окончательного решения проблемы для каждого НП — взамен перипетий, связанных с ограничением годовых доз дополнительного облучения.

Данная концепция в конце 1988 г. была одобрена Минздравом СССР и Правительственной комиссией. В первой половине 1989 г. в республиках была проведена работа по согласованию перечней НП, подлежащих отселению по радиационным и социальным критериям. В значительной степени этот перечень совпал с предложенным в июле 1986 г., что отражало преемственность решений во всех фазах аварии.

Однако критика концепции в пострадавших республиках, подхваченная средствами массовой информации, заблокировала ее практическую реализацию.

Под давлением массированной критики Правительство СССР обратилось в МАГАТЭ с просьбой провести международную экспертизу предложенных отечественными учеными мер по ликвидации последствий аварии и защите населения, в т.ч. и «35-бэрную концепцию», демонстрируя тем самым полное недоверие к отечественной науке.

В Международном чернобыльском проекте приняло участие почти 300 ведущих специалистов мира, в

т.ч. специалисты ВОЗ, ФАО, МАГАТЭ и других международных организаций.

В рамках проекта оценивались не только принятые решения, но и вся обстановка на загрязненных территориях, в т.ч. состояние здоровья жителей. В ходе первых обсуждений стратегии защитных мер стало ясно, что ведущие зарубежные ученые считают предложенную НКРЗ при Минздраве СССР концепцию излишне консервативной. Естественно, что такой радикальный вывод не устраивал сторонников переселений. Результаты Международного чернобыльского проекта стали, по сути, игнорироваться, и к моменту публикации окончательных выводов проекта стратегические решения были уже приняты.

Альтернативная концепция представляла собой политический и экономический компромисс между Центром и республиками. Союзная концепция, подготовленная под руководством академика С.Т. Беляева, в качестве основного критерия зонирования устанавливала среднегодовую эффективную дозу от аварийных выпадений 1 мЗв/год, ниже которой не требовалось каких-либо вмешательств. По состоянию на 1991 г. оценивалось, что численность населения, у которого превышался уровень 1 мЗв/год, — около 470 тыс. человек. Дополнительный дозовый критерий 5 мЗв/год вводился в качестве верхнего ориентира при планировании и проведении контрмер. Оптимизацию защитных мер предлагалось проводить дифференцированно для каждого НП (или группы НП), исходя из условия непревышения 5 мЗв/год после их завершения и вплоть до 1 мЗв/год.

С 1991 г. в России руководящим документом по социальной защите граждан и экономической реабилитации территорий, затронутых аварией на ЧАЭС, стал Федеральный закон «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» от 15 мая 1991 г. с дополнениями и изменениями. Близкие по духу законы были приняты в Белорусской ССР и Украинской ССР.

Во всех без исключения принятых законах критерии зонирования территорий на позднем этапе представляли собой эклектичную смесь основных и производных уровней. Впервые в юридических документах в качестве нормативных показателей были установлены одновременно уровни эффективной дозы и плотности загрязнения территории.

К 5-летней годовщине аварии сложилась достаточно противоречивая ситуация. Радиационная обстановка позволяла сконцентрировать защитные мероприятия на весьма ограниченных территориях. В это же время высшими органами власти союзных республик и СССР были приняты беспрецедентные решения, инициировавшие массовые переселения, строительство тысяч новых объектов, развертывание новых исследовательских работ, в т.ч. по хорошо известным специалистам вопросам. Наиболее тяжелым было решение о вовлечении в послеаварийную ситуацию миллионов жителей слабозагрязненных территорий, а также признание пострадавшими от радиационного воздействия всех, кто хоть один день (час) побывал в 30-км зоне.

Последовавший вскоре распад СССР создал ситуацию, в которой принятые обязательства по отношению к затронутому аварией населению оказались в принципе невыполнимыми в полном объеме. Вследствие тяжелого экономического кризиса, в котором оказались образовавшиеся страны, объем практически реализованных мероприятий по переселению оказался небольшим. Это в определенной мере способствовало смягчению негативных последствий принятых решений.

В качестве примера радиационного зонирования на позднем этапе аварии в табл. 12 представлены данные Министерства статистики и анализа Белоруссии о количестве НП, расположенных в зонах радиоактивного загрязнения, и численности проживающего в них населения.

Таблица 12

### Характеристика зон проживания населения в Белоруссии

| Характеристика                              | 1991   | 1995   | 2000   | 2003   | 2004   | 2005   |
|---------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Число населенных пунктов — всего            | 3370   | 3221   | 2894   | 2746   | 2732   | 2631   |
| В т.ч. в зонах проживания:                  |        |        |        |        |        |        |
| с периодическим радиационным контролем      | 2006   | 1933   | 1732   | 1646   | 1637   | 1755   |
| с правом на отселение                       | 999    | 1102   | 1085   | 1051   | 1048   | 843    |
| последующего отселения                      | 307    | 176    | 77     | 49     | 47     | 33     |
| первоочередного отселения                   | 58     | 10     | —      | —      | —      | —      |
| Численность населения — всего, тыс. человек | 1852,9 | 1841,0 | 1571,0 | 1470,5 | 1463,0 | 1333,0 |
| В т.ч. в зонах проживания:                  |        |        |        |        |        |        |
| с периодическим радиационным контролем      | 1489,6 | 1485,2 | 1246,3 | 1207,1 | 1202,4 | 1136,8 |
| с правом на отселение                       | 281,3  | 314,2  | 296,8  | 247,4  | 244,8  | 192,2  |
| последующего отселения                      | 79,1   | 41,3   | 27,9   | 16,0   | 15,8   | 4      |
| первоочередного отселения                   | 2,9    | 0,3    | —      | —      | —      | —      |

Важным уроком из событий, произошедших в период политического кризиса, является то, что возможность принятия научно обоснованных решений по защите населения в этих условиях практически отсутствует. Эффективные меры по ликвидации последствий радиационной аварии могут быть осуществлены только в условиях доверия к власти и последовательной информационной политики.

### **Гигиеническая регламентация содержания радионуклидов в пищевых продуктах**

Гигиеническая регламентация содержания радионуклидов в пищевых продуктах была одним из основных краткосрочных и долгосрочных мероприятий по радиационной защите населения после чернобыльской аварии. Эта проблема была поставлена в практическом плане не только в масштабе одной страны, но и многих стран Европы и мира в связи с трансграничным переносом радиоактивных веществ.

В первые несколько недель после аварии основным дозообразующим радионуклидом являлся  $^{131}\text{I}$ , объемная активность которого в части проб молока достигала  $3,7 \times 10^4 - 3,7 \times 10^5$  Бк/л.

На основе критериев для принятия решений в первые дни после аварии был введен временный допустимый уровень (ВДУ) активности  $^{131}\text{I}$  в молоке 3700 Бк/л. 6 мая 1986 г. этот норматив был дополнен допустимым уровнем содержания  $^{131}\text{I}$  в питьевой воде, молокопродуктах, рыбе, столовой зелени. Санитарный аварийный контроль на местах стал осуществляться уже в последних числах апреля по указанию Главного государственного санитарного врача СССР. Молоко с содержанием  $^{131}\text{I}$  выше нормативного направлялось на переработку в продукты, выдерживающие хранение в течение сроков, достаточных для распада  $^{131}\text{I}$  (масло, сыр).

Если временные допустимые уровни по  $^{131}\text{I}$  предназначались для краткосрочного использования в первый месяц после аварии и опирались на временно разработанные рекомендации, то установление последующих ВДУ по долгоживущим радионуклидам  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  потребовало решения ряда новых, принципиальных вопросов:

- выделение дозовой квоты на внутреннее облучение из временных пределов годовой дозы;
- периодичность пересмотра ВДУ;
- целесообразность и возможность учета радиоэкологических особенностей Украинско-Белорусского Полесья при установлении соотношений между допустимыми удельными активностями различных продуктов;
- установление типового рациона питания жителей загрязненных регионов;

- определение номенклатуры основных пищевых продуктов, подлежащих радиометрическому контролю;
- выбор инструментально измеряемых радиометрических параметров и методик выполнения измерений с учетом существующего приборного парка для проведения массового радиометрического контроля и др.

Годовые квоты на внутреннее облучение составляли: 50 мЗв (1986 г.), 10 мЗв (1987 г.), 8 мЗв (1988–1992 гг.) и 5 мЗв (1993–1997 гг.).

Проблемой установления ВДУ занимались не только в СССР, но и в других странах, где в результате трансграничного переноса чернобыльские выпадения изменили глобальный радиационный фон по  $^{137}\text{Cs}$  и служили основой для пересмотров ВДУ.

Установленные ВДУ различались даже в тех странах, где уровни радиоактивного загрязнения, социально-экономические условия и другие аспекты были сходны. Эти различия вызвали озабоченность среди населения и трудности при организации международной торговли.

Компетентными международными организациями (ВОЗ, ФАО, МКРЗ, МАГАТЭ, КЕС) были предприняты усилия для выработки взаимосогласованных критериев. В 1988 г. ВОЗ выпустила «Правила по применению производных уровней вмешательства для пищевых продуктов на случай возможных будущих аварий». В качестве дозового уровня вмешательства на первый год после аварии было выбрано значение 5 мЗв/год, исходя из ограничения индивидуального риска, с одной стороны, и социально-экономической приемлемости риска, с другой стороны. Позднее международные нормативы были закреплены в Codex Alimentarius и международных нормах радиационной безопасности (Публикация 115 МАГАТЭ, 1990 г.).

Отмена аварийных ВДУ является органической частью процесса реабилитации территорий и возвращения населения к нормальным условиям жизнедеятельности.

«Нормальность» ситуации в отношении пищевых продуктов в Белоруссии, России и на Украине в настоящее время увязывается с эффективной дозой 1 мЗв/год, численно совпадающей с пределом дозы для населения, но отличающейся от него концептуально. Действующие в этих странах нормативы принципиально не различаются между собой. Например, ключевой норматив на молоко является одинаковым — 100 Бк/л по  $^{137}\text{Cs}$ . Тем не менее, целесообразным представляется создание единой нормативной базы для трех стран в целях торговли между ними.

## Выводы

Анализ опыта реагирования на чернобыльскую аварию является уникальным для совершенствования системы аварийного реагирования, которая должна включать четкие процедуры действий, подготовленный персонал, необходимые приборы и оборудование, заранее разработанные критерии принятия решений, систему подготовки кадров аварийных рабочих.

В основном меры по радиационной защите населения оказались своевременными, что позволило избежать детерминированных радиологических эффектов облучения и снижения отдаленных последствий. Исключение составляет проведение йодной профилактики, которое оказалось запоздалым и неэффективным. Это потребовало внедрения масштабных медицинских мероприятий на загрязненных территориях, связанных с ранней диагностикой и лечением пострадавших.

Радиационная защита на позднем этапе аварии, по мнению компетентных международных организаций, являлась избыточной. Оптимизация формы, масштаба и длительности вмешательства продолжает оставаться актуальной и нерешенной проблемой радиационной защиты. Следует ясно осознать, что на современном этапе аспекты радиационной защиты перестали быть приоритетными в сравнении с другими направлениями реабилитации — социальными, экономическими и психологическими.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. USSR State Committee of the Utilization of Atomic Energy. The Accident at the Chernobyl NPP and its Consequences. Summary Report of the Post-Accident Review Meeting of the Chernobyl Accident.— Vienna: IAEA. 1986. Safety Series N75-INSAG-1.
2. Международный чернобыльский проект. Оценка радиологических последствий и защитных мер. Докл. Международного консультативного комитета.— Вена: МАГАТЭ. 1992.
3. Чернобыль. Пять трудных лет: Сб. материалов.— М.: ИздАТ. 1992.
4. Международная конференция МАГАТЭ. 10 лет после Чернобыля.— Вена. 1996.
5. Чернобыльская катастрофа. Под ред. В.Г. Баряхта.— Киев: Наукова думка. 1995. 559 с.
6. Ильин Л.А. Реалии и мифы Чернобыля. Изд. 2-е. — М.: ALARA Limited. 1996. 494 с.
7. International Conference «Chernobyl: Looking Back to Go Forwards». Vienna. 6–7 September 2005.
8. Алексахин Р.М., Булдаков Л.А., Губанов В.А. и соавт. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры. Под ред. Л.А. Ильина и В.А. Губанова.— М.: ИздАТ. 2001.
9. Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 29 мая 1986 г. № 634-188.
10. Ильин Л.А., Крючков В.П., Осанов Д.П. и соавт. Уровни облучения участников ликвидации последствий чернобыльской аварии в 1986–1987 гг. и верификация дозиметрических данных // Радиационная биология. Радиоэкология. 1995. Т. 35. Вып. 6. С. 803–827.
11. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly. Annex J. Exposures and the effects of the Chernobyl accident. V. II P. 451–566. United Nations. New York. 2000.
12. Иванов В.К. Медицинские радиологические последствия Чернобыля спустя 20 лет: данные национального регистра. Материалы Российской научной комиссии по радиационной защите. 14.03.2006 г.
13. Ильин Л.А., Константинов Ю.О., Лихтарев И.Я. и соавт. Временные методические рекомендации для разработки мероприятий по защите населения в случае аварии ядерных реакторов. — М. 1971.
14. Критерии для принятия решения о мерах защиты населения в случае аварий реактора. Утв. Минздравом СССР 04.08.1983 г.

Поступила: 09.03.2016

Принята к публикации: 28.03.2016

**В.В. Уйба<sup>1</sup>, А.С. Самойлов<sup>2</sup>, В.В. Романов<sup>1</sup>, Н.К. Шандала<sup>2</sup>**

## **К ТРИДЦАТИЛЕТИЮ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС: АНАЛИЗ, ВЫВОДЫ, УРОКИ НА БУДУЩЕЕ**

**V.V. Uiba<sup>1</sup>, A.S. Samoylov<sup>2</sup>, V.V. Romanov<sup>1</sup>, N.K. Shandala<sup>2</sup>**

## **Thirtieth Anniversary of the Chernobyl Accident: Analysis, Conclusions, Lessons for the Future**

### РЕФЕРАТ

Рассмотрены характер, содержание, сроки и последовательность проведения защитных мероприятий при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 г. Показано непосредственное организующее участие в этой работе Третьего главного управления Минздрава СССР – предшественника нынешнего продолжателя этого дела – ФМБА России. Указываются разработанные специалистами в этот период радиационно-гигиенические нормативы, показатели контроля и методология мониторинга радиационной ситуации и обеспечения безопасности при выполнении работ по ликвидации последствий этой аварии, а также совершенствование научных основ радиационной медицины и аварийного реагирования с учетом опыта лечения пострадавших. Рассматриваются и обосновываются задачи и перспективы дальнейшего регулирования и совершенствования системы радиационной безопасности в стране.

**Ключевые слова:** АЭС, пострадавшие, лечебно-профилактические и радиационно-гигиенические мероприятия, защитные меры, аварийное реагирование, регулирование радиационной безопасности

### ABSTRACT

The article deals with the nature, idea and contents, time and sequence of taking protective measures to mitigate consequences and effects of the accident at the Chernobyl NPP in April 1986. The special focus is on the direct organizational participation of the Third Main Directorate of the Ministry of Health of the USSR – the predecessor of the current successor of the case – FMBA of Russia. The article describes the radiation health care standards developed by the experts in this period, control indicators and methodology to monitor the radiological situation and assure safety during the aftermath operations, as well as improving the scientific bases of radiation medicine and emergency response, taking into account the experience of the treatment of victims. Problems and prospects of further regulation and enhancement of the system of radiation safety in the country are reviewed and justified.

**Key words:** NPP, victims, medical and radiation health care activities, protective measures, emergency response, radiation safety regulation

### **Введение**

Основы промышленной медицины и радиационной гигиены на АЭС были заложены в начальный период развития атомной энергетики. К 1986 г. при каждом радиационно-опасном объекте, в т.ч. на Чернобыльской АЭС в г. Припяти, функционировала медико-санитарная часть, подчиненная Третьему главному управлению Минздрава СССР (предшественнику ФМБА России).

26 апреля 1986 г. разразилась трагедия, повлекшая значимые медико-санитарные последствия. Авария на Чернобыльской АЭС изменила ход развития атомной энергетики, заставила пересмотреть подходы к обеспечению безопасности ядерных энергетических установок, что нашло отражение на вновь вводимых в эксплуатацию АЭС. Хотя уже прошло 30 лет после этой аварии, мы хорошо помним события тех трагических дней. Помним, как героически, порой ценою собственной жизни, с первых часов аварии организовывалась ликвидация ее последствий.

Непосредственное и организующее участие в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС

принимало Третье главное управление Минздрава СССР – предшественник нынешнего продолжателя его дела – Федерального медико-биологического агентства (ФМБА России).

### **Организация медико-санитарного обеспечения ликвидации последствий чернобыльской аварии**

Уже через 17 мин с начала аварии (а именно в 1 час 41 минуту 26 апреля 1986 г.) в Третье главное управление Минздрава СССР поступила оперативная информация о первых 18 пораженных (рис. 1).

С этого момента вступила в действие оперативная система аварийного реагирования и приступил к работе Оперативный штаб по координации деятельности медицинских работников (рис. 2).

Уже через несколько часов к месту аварии вылетела аварийная бригада в составе специалистов аппарата управления, Института биофизики и Клинической больницы № 6 Третьего главного управления Минздрава СССР. При этом соответствующие специалисты безотлагательно осуществляли

<sup>1</sup> Федеральное медико-биологическое агентство, Москва, Россия. E-mail: fmbs-fmba@bk.ru

<sup>2</sup> Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И.Бурназяна ФМБА России, Москва.

<sup>1</sup> Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia. E-mail: fmbs-fmba@bk.ru

<sup>2</sup> A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of FMBA, Moscow, Russia

Шибан. ЧВ кб. 17 Гуськов Д.К. 257

|                                         |            |                     |                       |
|-----------------------------------------|------------|---------------------|-----------------------|
| Фамилия, имя, отчество дежурного        | 26.04.86г  | Заметки о дежурстве | Информация<br>Подпись |
| Притык                                  | Монин В.А. | 126                 | 12                    |
| Авария наступление паранетных, пока 18. |            |                     |                       |
| Нужна бригада №1.                       |            |                     |                       |
| Минздрав.                               |            |                     |                       |

Рис. 1. Оперативная информация о первых 18 пораженных

лечебно-профилактические и радиационно-гигиенические мероприятия, проведение индивидуального дозиметрического контроля, определение и оценку мощности экспозиционных доз, установление радиуса площадки, вне пределов которой исключалось развитие лучевой болезни и др.

Специалисты Управления принимали участие в уточнении показаний к срочной эвакуации населения Припяти и близлежащих поселков, проведении радиационного контроля и других необходимых мероприятий для принятия защитных мер.

В 30-км зоне были дополнительно развернуты лечебные стационары и поликлиники, персонал обе-

спечивался медицинской техникой, инструментами и лекарственными препаратами.

Работа специалистов строилась по вахтовому методу — ежемесячно в зону работ направлялось от 40 до 80 специалистов.

Учеными и специалистами Института биофизики Третьего главного управления Минздрава СССР в кратчайший срок были разработаны нормативно-методические документы, устанавливающие конкретные нормативы и правила проведения работ по ликвидации последствий в условиях масштабной радиационной аварии и осложненной радиационной обстановки.

| Оперативный штаб Третьего главного управления Минздрава СССР, г. Москвы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Москва                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Припять, МСЧ-126                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Общее руководство подведомственными учреждениями здравоохранения, институтами</li> <li>Организация приема и лечения больных в Клинической больнице № 6</li> <li>Обеспечение медицинской техникой, инструментами, лекарственными препаратами и др.</li> <li>Направление бригад специалистов Третьего главного управления и подведомственных учреждений в 30-км зону</li> </ul> | Медицинский штаб                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Мероприятия                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Лечебно-профилактические                                                                                                                                                                                                                                                      | Радиационно-гигиенические                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Прием первых пострадавших</li> <li>Йодная профилактика персонала и населения</li> <li>Отправка больных в Москву</li> <li>Обследование населения</li> <li>Организация нескольких поликлиник и стационара в пионерском лагере</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Радиационный контроль</li> <li>Эвакуация населения Припять и 30-км зоны</li> <li>Предложение об остановке работающих энергоблоков</li> <li>Организация госсанэпиднадзора в 30-км зоне</li> <li>Организация лаборатории СИЧ</li> </ul> |  |

Рис. 2. Координация деятельности медицинских работников Третьего главного управления Минздрава СССР, апрель 1986 г.

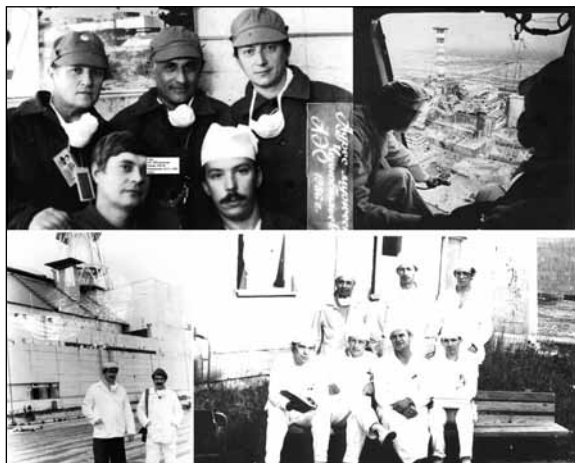


Рис. 3



Рис. 4

Всего к организации и проведению мероприятий по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС было привлечено более 2 тыс. специалистов из учреждений Третьего главного управления (рис. 3).

Основное внимание в первые дни аварии было сосредоточено на оказании квалифицированной медицинской помощи пострадавшим. 224 человека из зоны аварии были доставлены в Клиническую больницу № 6 в течение первых 39 ч (рис. 4). Им была оказана помощь и установлен диагноз. У 106 человек был верифицирован диагноз «острая лучевая болезнь». В течение 4 месяцев после аварии погибли от острой лучевой болезни и местных лучевых ожогов 28 человек.

За прошедшие 30 лет из жизни ушел еще 21 человек, в т.ч. у 5 из них причиной летального исхода были онкогематологические заболевания. И сейчас в Клинической больнице № 6 (Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России) ведется тщательное пожизненное наблюдение за группой лиц, перенесших острую лучевую болезнь [1, 2].

### **Радиационно-гигиеническое нормирование, контроль и мониторинг**

Масштабы аварии и сложность радиационной обстановки потребовали оперативной разработки дополнительных конкретных нормативов и правил для их реализации. Специалистами Института биофизики в кратчайшие сроки было разработано более 30 нормативно-методических документов, устанавливающих конкретные нормативы и правила проведения работ по ликвидации последствий в условиях масштабной радиационной аварии и осложненной радиационной обстановки. Среди первых регулирующих документов были:

- Временное допустимое содержание йода-131 в питьевой воде и продуктах питания (№ 4104-86 от 06.05.1986).
- Временные допустимые уровни содержания радиоактивных веществ в продуктах питания, питьевой воде, лекарственных травах по суммарной бета-активности (№ 129–252 от 30.05.1986).
- Временные уровни допустимого радиоактивного загрязнения кожных покровов белья, одежды, обуви, транспортных средств, механизмов и средств индивидуальной защиты (МР/ч) на период ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС (№ 129–254, май 1986).
- Временные санитарные требования безопасности при выполнении работ по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС (№ 32–1771, 12.07.1987).

Специалистами Института биофизики еще в острый и в последующие периоды чернобыльской аварии была также разработана и внедрена методология временных допустимых уровней содержания радионуклидов в пищевых продуктах и питьевой воде. Так, установленный в первые дни после аварии временный допустимый уровень активности  $^{131}\text{I}$  в молоке 3700 Бк/л, 6 мая 1986 г. был дополнен допустимым уровнем содержания  $^{131}\text{I}$  в питьевой воде, молочных продуктах, рыбе, столовой зелени.

В дальнейшем:

- были разработаны временные допустимые уровни долгоживущих радионуклидов  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ ;
- определены дозовые квоты на внутреннее и внешнее облучение населения с учетом радиоэкологических особенностей Украинско-Белорусского Полесья, типового рациона питания жителей этих загрязненных регионов;
- определена номенклатура основных пищевых продуктов, подлежащих радиометрическому контролю;

- осуществлен выбор инструментально измеряемых радиометрических параметров и методик выполнения измерений с учетом существующего приборного парка для проведения массового радиометрического контроля населения.

В последующем (после 1997 г.) специалистами ФМБА России были разработаны нормативы допустимой удельной активности цезия-137 и стронция-90 в более чем 140 видах пищевой продукции, потребляемой населением России, а для реализации предложенных нормативов ФМБА России были разработаны методические документы по радиационному контролю [3–5].

С учетом опыта ликвидации последствий чернобыльской аварии были пересмотрены требования безопасности работ на АЭС, разработаны критерии для принятия решений о мерах по защите персонала и населения, внедрены современные средства индивидуального дозиметрического контроля, организованы специальные формирования постоянной готовности к работе в условиях возможной радиационной аварии.

В настоящее время в рамках дальнейшего совершенствования медико-санитарного обеспечения персонала АЭС и населения, проживающего в зоне наблюдения, ФМБА России считает приоритетным проведение комплексного мониторинга состояния окружающей среды и здоровья. Получаемая в ходе наших исследований информация необходима для определения масштабов возможных последствий многолетней эксплуатации атомных объектов на окружающую среду и здоровье населения [6–8].

С целью проведения радиационно-эпидемиологических исследований создан отраслевой медико-дозиметрический регистр, данные которого ныне свидетельствуют, что уровень смертности ликвидаторов не превышает аналогичные показатели по Российской Федерации [9].

### **Радиационная медицина и аварийное реагирование**

На основе опыта лечения пострадавших в аварии на ЧАЭС разработан и используется ряд новых меди-

цинских технологий лечения острой лучевой болезни и местных лучевых поражений (в т.ч. трансплантация костного мозга, микрохирургия местных лучевых поражений, использование клеточных технологий и др.) [10]. Важным итогом этой работы явилось создание стандартов оказания медицинской помощи больным с лучевыми поражениями.

После аварии на ЧАЭС проведена оценка эффективности использования радиозащитных препаратов, средств профилактики и лечения острой лучевой болезни. В ФМБА России разработаны и внедрены высокоэффективные противолучевые препараты, а также «индивидуальные аптечки» как для персонала, так и для населения. На основе медицинского опыта оказания специализированной медицинской помощи пострадавшим от облучения в результате аварии на Чернобыльской АЭС были разработаны специальные портативные медицинские радиологические укладки, содержащие набор медикаментов и инструментов, необходимых для оказания неотложной медицинской помощи (рис. 5). Опыт проведения йодной профилактики при аварии на ЧАЭС был использован для оптимизации схемы йодной профилактики при авариях на ядерных установках [11].

Опыт ликвидации последствий аварии на ЧАЭС свидетельствует, что в случае возникновения крупномасштабной радиационной аварии должны быть немедленно приняты практические меры для сведения к минимуму доз облучения, а для уменьшения количества облучаемых лиц — защитные меры [12, 13]. Имеющиеся данные о произошедших радиационных авариях свидетельствуют о необходимости быстрого принятия решения (минуты) о проведении защитных мер, направленных на предотвращение детерминированных эффектов облучения вовлеченных лиц. Такие функции в полной мере осуществляет созданная в ФМБА России на основе чернобыльского опыта система медицинского реагирования при радиационных авариях, которая является подсистемой в системе аварийного реагирования Госкорпорации «Росатом». Экспертную поддержку системы аварийного реагирования ФМБА России выполняют Аварийный медицинский радиационно-дозиметрический центр Федерального медицинского биофизического центра

|                                                                             |             |            |                                                                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|------------|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| Радиопротекторы                                                             |             |            | Индивидуальная аптечка для персонала предприятий атомной энергетики |           |
| Индралин                                                                    | Рибоксин    | Латран     | Индивидуальная аптечка для населения                                |           |
| Средства раннего лечения острой лучевой болезни и местных лучевых поражений |             |            |                                                                     |           |
| Дезоксинат                                                                  | Продигиозан | Беталейкин | Лейкинферон                                                         | Лиоксазол |
| Средства выведения радионуклидов из организма                               |             |            |                                                                     |           |
| Иодид калия                                                                 | Ферроцин    | Альгисорб  | Цинкацин                                                            | Пентацин  |

Рис. 5. Новые радиозащитные препараты, средства профилактики и лечения

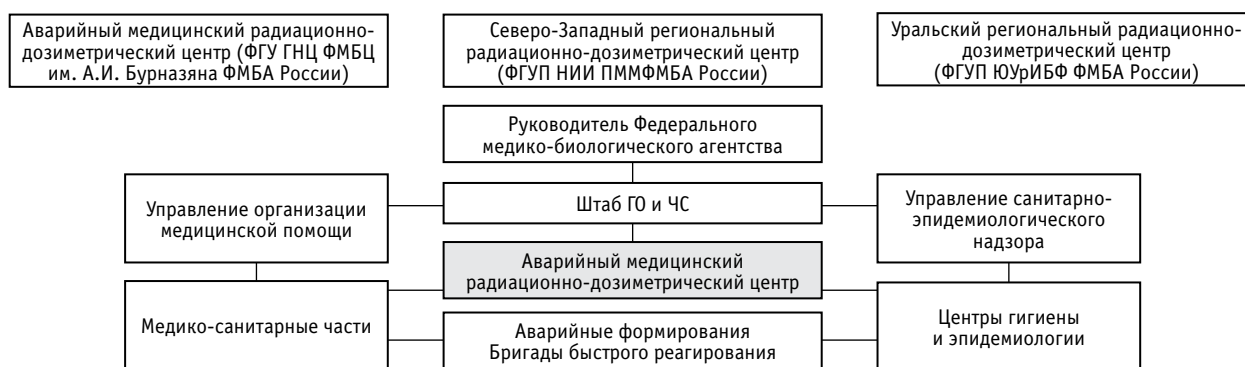


Рис. 6. Система аварийного медицинского реагирования Федерального медико-биологического агентства

им. А.И. Бурназяна и региональные аварийные радиационно-дозиметрические центры, созданные на базе ведущих институтов гигиенического профиля ФМБА России в Северо-Западном и Уральском регионах. Указанные центры имеют возможность оперативно аккумулировать информацию, что позволяет ФМБА России оперативно принимать необходимые обоснованные решения, направленные на принятие защитных мер. И в настоящее время система аварийного реагирования ФМБА России продолжает развиваться. Так, известные события на японской АЭС «Фукусима-1» показали необходимость создания аварийных радиационно-дозиметрических центров в Сибирском и Дальневосточном регионах (рис. 6).

Сегодня одной из приоритетных задач, стоящих перед Федеральным медико-биологическим агентством, является медико-санитарное обеспечение при ликвидации техногенных катастроф и стихийных бедствий.

Организационно-штатная структура медицинских учреждений ФМБА России, их оснащенность, наличие квалифицированных специалистов, многолетний опыт оказания медико-санитарной помощи работникам предприятий с особо опасными условиями труда позволяют учреждениям и организациям ФМБА России быть на передовом рубеже Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (рис. 7).

С момента начала развития аварийной ситуации на АЭС «Фукусима-1» Федеральным медико-биологическим агентством был принят дополнительные меры по обеспечению готовности к действиям в условиях возможного ухудшения радиационной обстановки. А именно, в органах и учреждениях ФМБА России Дальневосточного федерального округа было установлено круглосуточное дежурство руководящего состава, сформированы и приведены в готовность бригады экстренной медицинской помощи, организовано взаимодействие с территориальными органами МЧС России, Роспотребнадзора, органами управления здравоохранением в субъектах Российской Федерации. В ходе развития фукусимской аварии были приведены в состояние повышенной готовности экспертные группы и аварийные бригады быстрого реагирования региональных аварийных медицинских радиационно-дозиметрических центров Агентства. Проводился круглосуточный мониторинг радиационной обстановки, измерялись параметры радиационного контроля — гамма-фона (ежечасно), загрязненности техногенными радионуклидами объектов окружающей среды. В ходе инспекционной поездки в Сахалинскую область (Южно-Сахалинск), Камчатский край (Петропавловск-Камчатский) и Приморский край (Владивосток) специалистами ФМБА России были пополнены централизованные запасы стабильного йода для обеспечения всего насе-

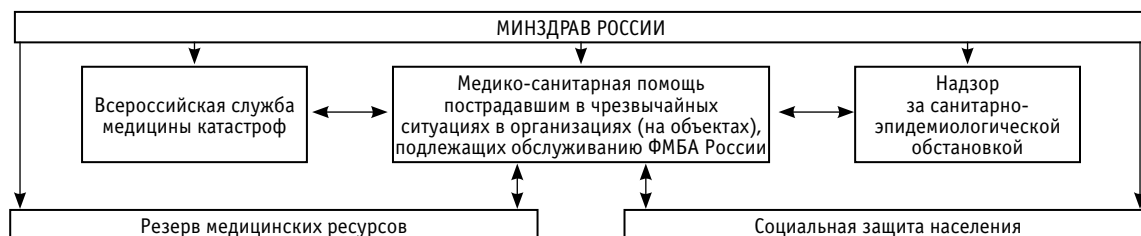


Рис. 7. Функциональные подсистемы Минздрава России в единой государственной системе предупреждения и ликвидации ЧС (Постановление Правительства РФ от 16 июля 2009 г. № 577)

ления указанных территорий, а также переданы более 6 тыс. аварийных аптек.

По поручению Министерства иностранных дел Российской Федерации специально созданные группы ФМБА России осуществили в течение 2011 и 2012 гг. три командировки в Японию, где провели обследование 784 человек на предмет содержания в организме людей  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{134}\text{Cs}$ , а также  $^{131}\text{I}$  в щитовидной железе. Кроме того, был проведен индивидуальный опрос населения о местах пребывания и структуре питания в период с 11 марта 2011 г. до момента проведения обследования [14, 15].

По результатам указанных экспедиций радиационных факторов, требующих ограничения режима жизнедеятельности российских граждан в местах их проживания, выявлено не было. Поэтому в апреле 2011 г. были даны рекомендации МИД России снять ограничения в отношении поездок российских граждан в Японию с туристическими и иными личными целями за исключением посещения районов, пострадавших от стихии и техногенной аварии.

Максимальные поглощенные дозы в щитовидной железе от  $^{131}\text{I}$  для жителей Токио составили единицы мГр, в связи с чем проведение йодной профилактики для жителей Токио не требовалось. Все измеренные пищевые продукты и питьевая вода удовлетворяли введенным японскими регулирующими органами радиационно-гигиеническим нормативам, и потребление их безопасно для здоровья. Так, средняя эффективная доза от радиоактивных изотопов цезия ( $^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$ ) для жителей Токио не превышала 10 мкЗв в год, а дозы внешнего облучения жителей Токио вследствие аварии на АЭС «Фукусима-1» даже существенно ниже, чем дозы от природного радиационного фона [16].

### **Перспективы совершенствования системы радиационной безопасности и регулирования**

В конце 2014 г. вышла окончательная редакция основных стандартов МАГАТЭ (BSS–2011) [17], где ситуации облучения в целях установления практических требований по обеспечению защиты и безопасности ситуации облучения подразделяются на ситуации планируемого облучения, ситуации аварийного облучения и ситуации существующего облучения.

В законодательстве Российской Федерации в области обеспечения радиационной безопасности нет регулирования хронического послеварийного облучения населения. Критерии вмешательства на радиоактивно загрязненных территориях даны лишь в виде справочного Приложения 5 в НРБ-99/2009, где не предусмотрен выход из аварии и переход к ситуации существующего облучения. Отмечается недостаток

руководств по реабилитации загрязненных территорий и возврату к нормальной жизнедеятельности.

Поэтому одной из основных задач регулирующих органов Российской Федерации в настоящее время является необходимость внесения в Закон о радиационной безопасности населения и в действующие НРБ-99/2009 понятия «ситуация существующего облучения».

Необходимо консолидировать усилия ФМБА России, Роспотребнадзора, Ростехнадзора, Министерства природных ресурсов Российской Федерации по разработке требований и правил радиационной защиты населения в ситуации существующего облучения для территорий, загрязненных радионуклидами после аварий на Чернобыльской АЭС и на ПО «Маяк», а также территорий с повышенным естественным радиационным фоном. Кроме того, требуется разработать и внедрить специализированные руководства по применению референсных уровней при радиационно-гигиеническом мониторинге в ситуации существующего облучения.

Все это позволит гармонизировать отечественные регулирующие документы с международной системой радиационной защиты.

### **Заключение**

В целом, опыт деятельности Третьего главного управления Минздрава СССР по медико-санитарному обеспечению ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, а также сегодняшнее состояние готовности сил и средств Федерального медико-биологического агентства в ситуации аварии на АЭС «Фукусима-1» показали эффективность специализированной системы медико-санитарного обслуживания радиационно опасных производств, включая АЭС. Специализированная система ФМБА России способна оперативно решать крупномасштабные задачи и осуществлять необходимый комплекс мер по аварийному реагированию. Многолетний опыт послечернобыльского радиационно-гигиенического мониторинга показывает, что в нормальном режиме работы радиоактивное загрязнение в районах расположения АЭС России весьма мало по сравнению с естественным фоном и не оказывает значимого влияния на дозы облучения населения и объекты окружающей среды.

Таким образом, опыт оценки ликвидации последствий чернобыльских событий создал научно-обоснованную базу обеспечения радиационной безопасности с практической реализацией основных положений в действующих регулирующих документах. Вместе с тем, имеются достаточно веские основания совершенствования построения системы радиационной безопасности и ее регулирования в Российской Федерации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галстян И.А., Гуськова А.К., Надежина Н.М. Последствия облучения при аварии на ЧАЭС: Анализ клинических данных // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2007. Т. 52. № 4. С. 5–13.
2. Гуськова А.К., Краснюк В.И. Последствия для здоровья аварии ЧАЭС: Основные итоги и нерешенные проблемы // Радиационная гигиена. 2011. Т. 4. № 4, С. 5–15.
3. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов // Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-01 — М.: ФГУП «ИнтерСЭН». 2002. 168 с.
4. Радиационный контроль. Стронций-90 и цезий-137. Пищевые продукты. Отбор проб, анализ и гигиеническая оценка // Методические указания. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России. 2003. 32с.
5. Шандала Н.К., Савкин М.Н., Новикова Н.Я. и соавт. Радиоактивность пищевых продуктов после аварии на Чернобыльской АЭС // Медицина экстремальных ситуаций. 2007. № 4 (22). С. 70–86.
6. Уйба В.В., Самойлов А.С., Шандала Н.К., Романов В.В. Радиационная защита и здоровье работников атомной отрасли и населения, проживающего в районе расположения радиационно-опасных объектов России // Мат-лы докладов Пленарного заседания открытия X Российской научной конференции «Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях», Москва, Президентский зал РАН, 22 сентября 2015 г. — Обнинск: ИБРАЭ РАН. 2015. 9 с.
7. Шандала Н.К., Коренков И.П., Романов В.В. Состояние радиационно-гигиенической обстановки в районе размещения АЭС // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2015. Т. 60. № 2. С. 15–21.
8. Лягинская А.М., Романов В.В., Петоян И.М. и соавт. Состояние здоровья населения, проживающего вблизи Смоленской АЭС // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2015. Т. 60. № 2. С. 25–36.
9. Ilyin L.A., Kochetkov O.A., Ivanov A.A. et al. Medical dosimetric registry of Russian atomic industry employees: current status and perspectives // Internat. J. Low Radiat. 2006. Т. 2. № 3–4. Р. 207–218.
10. Галстян И.А., Надежина Н.М. Местные лучевые поражения как осложнения медицинского облучения // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2012. Т. 57. № 5. С. 31–36.
11. Руководство по йодной профилактике в случае возникновения радиационной аварии. Методические рекомендации. Группа 17. Требования к системам жизнеобеспечения в экстремальных ситуациях и специальным системам. — Федеральное медико-биологическое агентство. 2010. 44 с.
12. Производственные уровни вмешательства в случае аварии на атомной станции /Методические указания. МУ 2.6.1.047-08. — Федеральное медико-биологическое агентство. 2008. 13 с.
13. Организация и проведение учебно-тренировочного процесса по отработке действий персонала центральных медико-санитарных частей, центров гигиены и эпидемиологии и территориальных органов Федерального медико-биологического агентства в условиях осложнившейся радиационной обстановки. Методические рекомендации. Группа 17. Требования к системам жизнеобеспечения в экстремальных ситуациях и специальным системам (ОСТ 91500.01.0007.2001). 2008. 57 с.
14. Uyba V., Shinkarev S., Kotenko K. et al. Thyroid measurements of the Russian citizens living in Japan following the Fukushima accident // In: Book of abstracts of the 2nd NIRS Symposium on Reconstruction of Early Internal Dose in the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident. January 27. 2013. National Institute of Radiological Sciences. Tokyo. Japan. 2013. P. 17–18.
15. Uyba V., Shinkarev S., Kotenko K. et al. Assessment of radiation exposure to the Russian citizens living in Japan following the Fukushima accident (based on the results of work in the Russian Embassy in Tokyo of the group of experts from FMBA of Russia) // In: Book of abstracts of the 18th Hiroshima International Symposium “Additional factors in Hiroshima radiation effects due to atomic bomb”, January 31 – February 1, 2013. Hiroshima. Japan. 2013. P. 25–26.
16. Shinkarev S.M., Kotenko K.V., Granovskaya E.O. et al. Estimation of the contribution of short-lived radioiodines to the thyroid dose for the public in case of inhalation intake following the Fukushima accident // Radiation Protection Dosim. 2015. V. 164. № 1–2. P. 51–56.
17. IAEA Library Cataloguing in Publication Data Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. — Vienna: International Atomic Energy Agency, 2014. Нормы безопасности МАГАТЭ: Радиационная защита и безопасность источников излучения. Международные основные нормы безопасности. Общие требования безопасности. Часть 3. № GSR Part 3. Перевод на рус. язык. 2014. 518 р.

Поступила: 25.01.2016

Принята к публикации: 22.03.2016

**Ю.Г. Григорьев**

## **ПЕРВЫЕ НЕДЕЛИ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС (личные оценки)**

**Yu.G. Grigoriev**

### **The First Weeks after the Chernobyl Accident (Personal Assessment)**

#### РЕФЕРАТ

26 апреля 1986 г. произошла трагедия: взорвался реактор на ЧАЭС. Об этой трагедии написано достаточно много. Даны различные оценки этому событию, включая и конъюнктурные или абсолютно не квалифицированные.

В статье описана ситуация, сложившаяся в первые недели после аварии, т.е. то, что автор статьи видел собственными глазами. Автор лично принимал участие в организации лечения облученных больных в Клинической больнице № 6 и в ликвидации аварии на территории ЧАЭС и в 30-км зоне.

**Ключевые слова:** ядерная авария, Чернобыльская АЭС, организация лечения облученных больных, защита ликвидаторов аварии, мероприятия по ликвидации аварии

#### ABSTRACT

April 26, 1986 a tragedy occurred: a reactor exploded at Chernobyl. It has been written quite a lot about this tragedy. Different estimates of this event are given, including opportunistic and absolutely not qualified.

The article describes the situation in the first weeks after the accident, that is, that the author saw with his own eyes. The author himself was involved in the organization of treatment of irradiated patients in the hospital № 6 and took part in the liquidation of the accident at the Chernobyl reactor disaster zone area, and 30 km zone.

**Key words:** nuclear accident, the Chernobyl nuclear power plant, treatment of irradiated patients, the protection of emergency workers, measures for liquidation of the accident

26 апреля 1986 г. произошла трагедия: взорвался реактор на ЧАЭС. Прошло 30 лет, и об этой трагедии написано достаточно много. Даны различные оценки этому событию, включая и конъюнктурные или абсолютно не квалифицированные. Я постараюсь очень кратко описать ситуацию, сложившуюся в первые недели после аварии, будучи как ответственным за прием и организацию лечения поступающих больных с острой лучевой болезнью в Клиническую больницу № 6, так и будучи членом Правительственной Комиссии по ликвидации аварии, находясь с 15 и по 29 мая на территории ЧАЭС и в 30-км зоне ЧАЭС. Мне приходилось принимать оперативно решения с учетом 36-летнего опыта работ с ионизирующим излучением и участия в Великой отечественной войне.

В 9 утра 27 апреля все замдиректора Института биофизики Минздрава СССР собрались в кабинете у директора Леонида Андреевича Ильина. Информации на этот час было очень мало, но нам, специалистам в этой области, было предельно ясно, что произошла авария реактора с радиоактивным выбросом в атмосферу. Л.А.Ильин оценил события как трагедию глобального характера.

Далее события развивались стремительно. В 10 часов утра мы все были уже в кабинете главврача больницы № 6, где уже были и представители Главка. Нам зачитали приказ по Главку.

Начальник Третьего главного управления при МЗ СССР Е.Б. Шульженко подписал приказ «О созда-

нии штаба по проведению учений», в соответствии с которым я был назначен заместителем председателя штаба. В открытых документах утром 27 апреля использовали легенду — проведение учений по гражданской обороне. Об аварии на ЧАЭС не упоминалось, эта информация на тот день была совершенно секретной. Однако к 12 часам дня в зарубежной информации прошло сообщение, что в атмосфере над Швецией и Норвегией зарегистрирован повышенный фон радиации. Мы просили прояснить ситуацию по поводу «учений по гражданской обороне», но режимная служба твердо рекомендовала нам пока придерживаться легенды. Это мешало нашей работе на первом этапе после аварии.

Начали поступать больные из Чернобыля. Судя по характеру развития первичной реакции и степени их радиоактивной загрязненности, было ясно, что поступающие имеют тяжелую форму острой лучевой болезни. Эти больные были отобраны бригадой специалистов Института биофизики, которая уже ночью прибыла на место аварии на ЧАЭС. Руководил этой группой специалист высокой квалификации В.Д. Солидовкин, который прошел школу медицинской радиологии в Институте биофизики МЗ СССР. Руководили соответствующим клиническим отделом в течение многих лет академики Н.А. Куршаков и И.С. Глазунов, под руководством которых и была воспитана группа высококвалифицированных спе-

циалистов по диагностике и лечению острой лучевой болезни (ОЛБ).

Этап первичной сортировки больных ОЛБ в этой трагедии был исключительно важным, и бригада специалистов на основе первичных проявлений болезни с этой задачей отлично справилась.

Стало ясно, что отсутствие данных от дозиметров, расположенных вокруг станции, связано с очень большим уровнем радиации, на регистрацию которого не были рассчитаны дозиметры.

Мне было поручено обеспечить прием больных, их санитарную обработку, госпитализацию и все другие работы, связанные с пребыванием в больнице этих весьма сложных пациентов. Я работал в тесном контакте с руководством больницы, с главным врачом Г.И. Сидоровым. Весь персонал больницы, осознавая степень опасности, работал слажено и преодолевал все постоянно возникающие трудности. Я имел возможность наблюдать вдохновителей лечебного процесса, заведующих отделениями и направлениями: А.С. Баранова, Н.М. Надежину, Г.Н. Гастеву, Н.А. Метляеву, Ф.К. Торубарова, А.В. Барабанову, Галустян И.А и др. Во главе этого героического коллектива была профессор Ангелина Константиновна Гуськова. Характер работы мне напомнил работу коллектива полевого прифронтового передвижного госпиталя, в котором я работал во время ВОВ.

Зная высокую квалификацию врачей клинического отдела и его руководителя Ангелины Константиновны Гуськовой, профессора Александра Сергеевича Баранова и других специалистов, я в процесс лечения не вмешивался и сосредоточился на оперативном выполнении просьб, связанных с выполнением лечебного процесса в этот чрезвычайно сложный период для больницы № 6 и всего ее персонала. Например, не хватало крови и плазмы для переливания. В результате оперативных действий была организована бесперебойная доставка крови и плазмы. Возникла проблема для приемного покоя с дозиметристами. Эта проблема была в течение часа решена. Не хватало персонала для дежурства ночью у телефона Ангелины Константиновны (звонили круглосуточно). Я выделил на дежурство по ночам своего секретаря Н.Н. Яковлеву. Более серьезная ситуация возникла в клинике с техническими работами: упаковка и утилизация загрязненного радиоактивными изотопами медицинского материала после перевязок, инъекций и других процедур, доставка в отделение различных грузов и т.д. Был вызван полк ГО, который мы разместили в палатках во дворе больницы. Офицеры и солдаты четко выполняли свою задачу в полном объеме. Однако количество проблем увеличивалось лавинообразно с каждым часом. Надо доставать бахилы, специальные костюмы, крафтмешки, антимикробное белье, защитные очки и т.д.

Пошел поток больных «самотеком». Стали приезжать родственники по вызову для пересадки костного мозга тяжелым больным. Возникла проблема их размещения. Встала задача дезактивации территории больницы и ее помещений. Привлечение Центра научфильма для документации лечебного процесса потребовало больших усилий на получение разрешения и организации самой работы. Возникло предложение снять весь процесс лечения лучевых и термических ожогов. Соответствующая аппаратура в то время была только в моей лаборатории. Я немедленно выделил научного сотрудника лаборатории Валерия Павловича Макарова и всю необходимую аппаратуру. Соответствующие съемки были осуществлены в условиях существенно повышенного радиационного фона. Мы делали все возможное, чтобы облегчить невероятно тяжелый труд врачей и среднего персонала. К 5 мая в больницу поступило 172 больных с лучевой болезнью и 23 донора.

На Киевский вокзал стали прибывать беженцы из Киева, Припяти и других мест. Вместе с профессором К.И. Гордеевым организовали на вокзале санпропускники и получили решение МЗ СССР о выделении в Москве больницы для госпитализации приезжающих «по показаниям». Выехали в эту больницу, провели с персоналом инструктаж, я прочитал небольшую лекцию о лучевой болезни.

Больные, поступающие в Клиническую больницу № 6, были очень тяжелые. Врачам клиники было очень трудно с ними работать как физически, так и морально. Были прикомандированы в помощь военные врачи — соответствующие специалисты. Уже спустя несколько дней после аварии врачи явно астенизировались и малейшее замечание приводило к бурной неадекватной реакции. В моем присутствии дежурный врач, сдавая ночное дежурство и рассказывая о тяжелых больных, разрыдалась. Необходимо напомнить, что медицинский персонал, находясь в палате с больным, подвергался достаточно интенсивному облучению (вокруг палаты с некоторыми больными все ближайшие палаты были пустые — на нижних и верхних этажах и по бокам).

**Мы обязаны поклониться всему медицинскому персоналу, начиная от приемного покоя, клинических отделений, стерильных боксов, специализированных кабинетов, персоналу лабораторий, и кончая сотрудниками дозиметрических постов, за их самоотверженный труд.**

Подходили сроки гибели больных. Возникла необходимость решения ряда весьма специфических задач, связанных с захоронением: определение места группового захоронения, глубина захоронения с гарантией отсутствия повышенного радиоактивного фона над могилой, защита водителей машины-ката-

фалка и машины-перевозки труп в морг и многие другие. Эти вопросы мы активно решали.

Конечно, возникали и непредвиденные ситуации.

13 мая от острой лучевой болезни умер первый больной. Патологоанатомы отказались брать труп к себе, т.к. он был весь «грязный», т.е. на его теле находились радиоактивные элементы выброса и тело очень сильно «фонило». Солдаты полка гражданской обороны принесли труп в приемный покой и положили в ванную. Нужно было отмыть труп, но все отказались. Сотрудники приемного покоя обратились ко мне с просьбой разрешить этот вопрос. Положение было безвыходное. Тогда я надел защитный костюм, надел респиратор «Лепесток», взял щетку на длинной ручке и с помощью этой щетки и воды, которая подавалась из шланга, попытался отмыть труп. Вот такой «героический» поступок был мною совершен.

С первого дня вел краткие записи — «дневник» и продолжал это делать позднее в Чернобыле. Сейчас, когда я его просматриваю, еще раз убеждаюсь, что только в нашей стране могли справиться с этой трагедией. Еще раз хочу с большим удовлетворением высказать свою точку зрения о высоком профессионализме врачей-радиологов клинического отдела Института биофизики и его руководителя профессора Ангелины Константиновны Гусковой и Александра Сергеевича Баранова.

14 мая мне позвонил замминистра МЗ СССР Евгений Иванович Воробьев и сказал: «Юра, завтра ты должен быть в аэропорту Внуково в 11.00, полетишь в Чернобыль и заменишь в Правительственной комиссии от Минздрава Леонида Андреевича Ильина. Все согласовано. Тебя ждут. Ильин свой срок отработал и «нахватал» прилично». С Евгением Ивановичем мы дружили более 50 лет и, конечно, мы были на «ты». Я наши отношения не афишировал и не использовал ни разу в служебных целях.

В аэропорту я понял, что идет замена всего состава Правительственной комиссии (срок работы на ЧАЭС был ограничен). Со мной летели четыре замминистра различных министерств, несколько сотрудников КГБ.

Мы приземлились в Киеве, пересели в вертолет и полетели в ад, в прямом смысле этого слова. Вертолет облетел разрушенный реактор, брошенный населением город Припять, никому не нужную «зараженную» технику, брошенные поля и деревни.

В штабе, который располагался в Чернобыле, для МЗ была выделена комната, где я встретился с Леонидом Андреевичем. Мы обнялись, поцеловались и с этого момента перешли на «ты». Леонид Андреевич передал мне некоторые документы, дал характеристику радиационной обстановки на реакторе, в Припяти и Чернобыле, в 30-км зоне. Он представил меня некоторым членам Правительственной комис-

сии и ее председателю Ивану Степановичу Силаеву, заместителю Председателя Совета Министров СССР.

Я включился в общий ритм работы: 10.00 утра — оперативка, поездка, в основном, по вопросам радиационной безопасности по объектам и службам, которые производили различного рода работы на объекте. Участие в оперативных совещаниях. В 21.00 опять заключительное оперативное совещание, разработка плана работ для всех служб и поздно вечером — поездка на ночлег вне 30-км зоны, ужин и около часа ночи отход ко сну. В 7 часов утра — подъем. На сон оставалось около 5 часов. Через несколько дней я понял, что принятый режим работы неправильный. Я переговорил с председателем Правительственной комиссии И.С. Силаевым и объяснил ему, что работа в таком режиме может привести к срыву психического состояния наших коллег, к ошибкам при принятии решений. Он согласился со мной, и срок вечерней оперативки был перенесен на 8 часов вечера.

Ко мне была прикреплена машина «Волга». Это облегчало передвижение по Чернобылю и в 30-км зоне. На территорию АЭС надо было ехать в бронетранспортере из-за высокого радиационного фона на самой территории станции. Препятствий для передвижений я не имел, т.к. имел пропуск, в котором было написано «ВСЮДУ».

Несколько раз мне пришлось посетить станцию, четвертый блок, оценить условия работы шахтеров, которые рыли котлован под «прокладкой» взорвавшегося реактора для заливки его бетоном. Везде приходилось объяснять, как пользоваться средствами индивидуальной защиты и настойчиво требовать пользоваться ими. Была проблема, связанная с курением в зонах высокой радиоактивности. Это был реальный путь попадания радиоактивных источников в организм. Например, многие работающие в штабе выходили на улицу, садились на рядом стоящие скамейки и бесконечно курили. На оперативном совещании было принято очень простое решение — убрать эти скамейки, создать неудобство для курящих и тем самым хоть немного уменьшить попадание радиоактивной «грязи» в организм и, конечно, провести массовую разъяснительную работу.

Много времени уходило на разговоры по телефону. Звонили из Минздрава, из нашего Института, звонили люди из различных уголков нашей страны — предлагали различные народные средства лечения и т.д. В Институте по моей просьбе была создана «фармакологическая» комиссия под председательством профессора К.С. Мартиросова. Я ему передавал все поступающие предложения о народных средствах профилактики и лечения лучевых поражений и просил срочно пересылать мнение комиссии.

Многие вопросы мы решали на месте с представителем Третьего главного управления Александром

Владимировичем Сорокиным, а также с постепенно прибывающими сотрудниками нашего института. Был очень внимателен к моим просьбам замминистра Средмаша Лев Бенеаминович Рябов.

20 мая приехал в Чернобыль новый председатель Правительственной комиссии, председатель Госснаба Союза Лев Алексеевич Воронин, который был также внимателен ко всем нашим предложениям по медико-гигиенической профилактике и защите персонала и ликвидаторов.

Серьезная проблема возникла с пожарными. Некоторые их посты располагались на самой атомной станции, в зоне четвертого блока, где уровни радиации были очень высокими. Пожарный за неделю при участии в «сменном дежурстве» мог облучиться примерно в дозе 20 рад. Я вмешался в эту ситуацию, обратился к члену Правительственной Комиссии, замминистра МВД Н.И. Демидову и начальнику объединенной пожарной охраны В.М. Максимчуку с определенными требованиями: каждый пожарный должен нести дежурство на территории в зоне четвертого блока только в течение 2 часов в неделю, пользоваться респиратором, раз в 10 дней проходить медосмотр и в эти сроки у него определять число лейкоцитов. Предложил осуществить локальную защиту пожарных на этих постах: из свинцовых блоков сделать заграждение примерно на уровне груди пожарного. Это позволяло снизить поглощенную дозу на красный костный мозг, находящийся прежде всего в тазовых костях, что в последующем оптимизировало процесс лечения. Это предложение было принято и реализовано. Между тем, к 25 мая уже 47 пожарных находилось — по показаниям — в госпитале.

Возникла проблема и с сотрудниками ГАИ. Структура передвижения транспорта в Чернобыле резко изменилась. Радиоактивный грунт перевозился на грузовиках по второстепенным дорогам, а главная дорога, которая была связана с центральной площадью, где располагался штаб, практически интенсивно не использовалась, дорожные знаки потеряли свою значимость, светофоры не работали. Движение транспорта регулировалось только сотрудниками ГАИ. Однажды ко мне пришел офицер — сотрудник ГАИ и сказал, что он дежурит на перекрестке вблизи штаба и у него на индивидуальном показывающем дозиметре уже 25 рад, а тревоги со стороны его руководства нет, и он продолжает ежедневно выполнять свои обязанности. Конечно, проведя достаточно жесткий разговор с замминистра МВД Н.И. Демидовым, эту проблему мы решили и в дальнейшем более строго осуществлялся контроль за набранными дозами у сотрудников ГАИ.

Совершенно неожиданно передо мной стала проблема оказания амбулаторной помощи ликвидаторам. Городская поликлиника не работала, а ко мне

стали обращаться ликвидаторы с просьбой оказать им ту или иную амбулаторную помощь (зубная боль, отравление, обострение гастрита и т.д.). Было ясно, что надо принимать «стабильные» решения, исходя из постоянной работы ликвидаторов в течение длительного срока в Чернобыле. Я связался с министром Минздрава Украины А.Е. Романенко, и мы начали организовывать многопрофильную поликлинику в Чернобыле. Был организован кабинет психоэмоциональной разгрузки, т.к. для меня было ясно, что многие сотрудники штаба и некоторые ликвидаторы уже находились в стрессорном состоянии. Причиной этому являлись очень сложная ситуация с реактором, напряженная и ответственная работа всего штаба. Ситуация в Чернобыле была очень похожа на фронттовую обстановку, которую я пережил в 1943–1944 гг.

21 мая в Киеве состоялось заседание актива Обкома КПСС, на котором был заслушан мой доклад о текущей ситуации в 30-км зоне и Киеве. В Киев меня командировал председатель Правительственной комиссии. Заседание проходило в очень большом зале в присутствии 600–800 человек. Для меня было важно донести до партийного актива взвешенную точку зрения специалиста, получившего многолетний опыт по проблеме радиационной безопасности в Институте биофизики МЗ СССР. Я понимал, что большинство из присутствующих оценивают ситуацию непрофессионально и считают, что Украина по вине Центра погибает. Надо было сделать так, чтобы поверили моим оценкам как специалиста. Дальнейшие события с Л.А. Ильиным, М.Г. Шандалой и А.Е. Романенко подтвердили правильность моих предположений. Своим докладом и в ответах на многочисленные вопросы я смог, как мне показалось, заставить присутствующих более объективно и без паники оценить складывавшуюся ситуацию.

В тот же день Правительство Украины принимало делегацию послов многих стран, прибывшую из Москвы. Тема была одна — состояние ЧАЭС и медицинские последствия. Председатель Совета Министров УССР А.П. Ляшко попросил меня предварительно заехать к нему и принять участие в этой встрече. Встреча с А.П. Ляшко продолжалась около часа, а потом вместе с ним мы перешли в зал приемов, где уже ожидали нас иностранные гости. Это была очень тяжелая и длительная беседа. Свои ответы я построил на базе хороших знаний и прошедшей подготовки по проблеме радиационной безопасности в Институте биофизики.

В 20-х числах мая в Чернобыле стали появляться корреспонденты, представители киностудий. На очередном оперативном совещании 24 мая было решено создать пресс-центр во главе со мной. Однако вско-

ре я попал в Чернобыле в автокатастрофу и активное участие в этой работе не смог принять.

После вечернего оперативного совещания мы все на своих машинах уезжали на ночь за пределы 30-км зоны в маленький город Иваньково. Там была т.н. гостиница. В комнатах стояли 2–3 железные кровати. Я спал на кровати, которую мне любезно «передал» Л.А. Ильин. Ужинали и завтракали мы в «ресторане» при гостинице. Считалось, что в Иваньково уровень излучения значительно ниже. Я принял решение провести дозконтроль в гостинице. Как и ожидалось, гостиница была прилично загрязнена. Например, уровень загрязнения кресел в ресторане достигал 3 мР/ч.

В середине мая произошло событие, которое вновь вернуло нас к первому дню аварии. Ночью 26 мая возник пожар между блоками 3 и 4. Все члены Правительственной комиссии в это время находились в Иваньково. В 5 утра нас всех разбудили, машины уже стояли у гостиницы. Лев Алексеевич Воронин нам успел сказать, что на станции пожар, и мы все помчались в Чернобыль. Конечно, мое состояние было очень сложное: тревога, страх за возможные глобальные последствия. Одновременно я был собран и готов к принятию необходимых решений и действий. По-видимому, тревога до нас дошла слишком поздно, т.к. по дороге в Чернобыль уже двигались колонны пожарных машин из всех ближайших населенных пунктов. Население Иваньково уже не спало, люди стояли вдоль дороги и провожали наши машины полным молчанием и тревожными взглядами, в которых можно было прочесть: «Опять случилось?». В штабе нам сообщили, что пожар уже потушен, «технических последствий» нет, никто не пострадал; причина пожара — загорелись кабели между аварийным 4-м и 3-м энергоблоками.

На одном из оперативных совещаний было принято решение вылететь в г. Брагин и оценить радиационную обстановку в этом городе с целью возможной эвакуации населения. Возглавлял эту группу Юрий Антониевич Израэль. Утром следующего дня большая группа оперативного штаба, включая меня, вылетела на вертолете в г. Брагин.

С руководством города по существу вели переговоры Ю.А. Израэль и я. В городе проживало около 10 тыс. человек. Расчеты показывали, что население за год может быть облучено в суммарной дозе 6–7 рад. Мы рекомендовали временно вывести из города и района детей, активно проводить дезактивацию города и др. мероприятия. Чтобы хоть немного успокоить руководство города и убедить, что острая лучевая болезнь у населения не разовьется, я подробно рассказал о результатах уникального «Хронического эксперимента» [1]. Этот эксперимент был проведен на собаках, моделировалась радиационная обстановка при полете к Марсу. 250 собак ежедневно облучали

в течение 6 лет, наблюдения за всеми животными осуществлялись до их естественной гибели, суммарные дозовые нагрузки были весьма близки к тем, которые оценивались в г. Брагин. Эти результаты были достаточно убедительны, и решение об эвакуации населения из города не было принято.

26 мая я попал в Чернобыле в автомобильную аварию. На перекрестке на машину «Волгу», в которой я находился, наехал «КамАЗ», груженный радиоактивным грунтом. Удар был с моей стороны, но я чудом остался жив. Меня отделяло расстояние от места его удара, равное 20–30 см. Я отделался легким сотрясением мозга. День пролежал, день поработал, однако 29 мая по решению председателя Правительственной комиссии меня отправили в Москву и положили в «родную» больницу № 6. Врачи больницы во главе с Валерием Ивановичем Краснюком энергично взялись за меня, провели обследование, как общее клиническое, так и по оценке наличия радиоактивных веществ в организме, подлечили, и я вскоре выписался.

В день выписки из больницы мне позвонил домой директор Института атомной энергии и Президент АН СССР Анатолий Петрович Александров. Он попросил меня дать ему подробную информацию о положении дел в Чернобыльской зоне по радиационной безопасности, о состоянии здоровья населения, как защищены ликвидаторы, используются ли респираторы. Он задал мне много других вопросов. Разговор продолжался около 15 минут, он меня не прерывал и внимательно выслушивал. Однако сам звонок домой и характер заданных вопросов позволил мне предположить, что Анатолий Петрович продолжает находиться под тяжелым прессом случившегося и он пытается получить информацию из всех возможных источников.

После выписки из 6-й больницы в течение еще нескольких месяцев я привлекался Л.А. Ильиным в основном к анализу и обобщению материалов, связанных с медицинскими потерями при аварии на ЧАЭС. Совместно с сотрудниками Института А.К. Гуськовой, О.А. Павловским, У.Я. Маргулисом, В.А. Книжниковым и др. мы готовили доклады в МАГАТЭ, в Третьем главном управлении, в МЗ СССР. Я, например, получил прямое указание от начальника Главка срочно подготовить часть отчета Правительственной комиссии по разделу, где Минздрав был соисполнителем, согласовать его с замминистрами Минздрава СССР О.П. Щепиным и Е.И. Воробьевым.

Мне пришлось провести дискуссию по итогам этих событий с делегацией медиков из скандинавских стран в АМН СССР. Это была очень длительная беседа. Я как очевидец подробно рассказал им об уникальном опыте клинического отдела Института

биофизики, о проделанном объеме работ по лечению больных ОЛБ, о проводимых профилактических мероприятиях на ЧАЭС. На иностранных специалистов произвела сильное впечатление моя информация. Мое заключение о том, что только наша страна могла справиться в острый период с этой ситуацией, было воспринято с полным пониманием.

На основе полученного опыта по горячим следам я написал памятку для населения по радиационной безопасности, которая была издана в Энергоатомиздате [2]. Ее тираж мгновенно разошелся. Я получил предложение от БМЭ написать соответствующую статью. Это мною было незамедлительно сделано и статья «Радиационная безопасность на атомных электростанциях» была опубликована в дополнительном томе БМЭ [3]. По итогам работы на аварии ЧАЭС мною была написана статья в журнал «Радиобиология», опубликованная в 1987 г. [4].

Проблема оценки последствий аварии на ЧАЭС начала со временем постепенно «расползаться»: Украина пыталась удержать у себя ряд ценных материалов, в Институте медицинской радиологии АМН СССР начал создаваться Всесоюзный регистр по ликвидаторам, в Белоруссии был подключен к исследованиям последствий аварии ряд институтов и центров. Появились новые личности, претендующие на большой вклад в работу по ликвидации аварии на ЧАЭС. Это было особенно ясно видно из списка сотрудников, представленных к правительственным наградам.

Конечно, работа с первого дня аварии на ЧАЭС в больнице № 6 и в последующем в Чернобыле была беспристрастной проверкой моих накопленных знаний и жизненного опыта. Пережитые события в конце апреля, в мае–июне 1986 г. вернули меня и к воспоминаниям моего пребывания на фронте в 1943–1944 гг. Да и сейчас приходится возвращаться к чернобыльским событиям – обращаются ко мне с соответствующими просьбами корреспонденты, телеведущие, родственники и друзья. Отказать им в этих просьбах я не имею права – новое поколение должно накапливать базовую информацию.

После аварии на атомной электростанции «Фукусима-1» в 2011 г. мне поступило большое число тревожных обращений от зарубежных коллег, кото-

рые работают со мной по проблеме защиты здоровья населения от электромагнитных полей сотовой связи. Они знали, что я принимал участие в ликвидации аварии на ЧАЭС. Обращения с просьбой дать совет присылались из очень многих стран (США, Великобритания, Австралии, Норвегии, Франции, Швеции и др.). Эти просьбы касались в основном режима приема йода, эвакуации молодых семей (их детей), близких родственников из Японии, безопасности морских продуктов и др. проблем, относящихся к здоровью населения. По просьбе коллег из США я подготовил и опубликовал статью в американском экологическом журнале о своем опыте действий в первые 6 недель после аварии на ЧАЭС [5]. В последующем эта статья была перепечатана в других зарубежных журналах.

Прошло 30 лет после аварии на ЧАЭС, но все трагические события, связанные с этой аварией, остаются в нашей памяти. Низкий поклон всему медицинскому высокопрофессиональному персоналу, который самоотверженно боролся за жизнь каждого пострадавшего.

На основе личного опыта, я глубоко убежден, что только наша страна смогла справиться с этой глобальной катастрофой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев Ю.Г., Попов В.И., Шафиркин А.В. Соматические эффекты хронического гамма-облучения. — М.: Энергоатомиздат. 1986. 196 с.
2. Григорьев Ю.Г. Памятка населению по радиационной безопасности. — М.: Энергоатомиздат. 1990. 16 с.
3. Атомная промышленность, радиационная безопасность на АЭС // БМЭ. Т. 29. 1988. С. 784–793.
4. Радиационная безопасность на атомных электростанциях // Радиобиология. Вып. 2. 1987. 147–153.
5. Grigoriev Y.G. Six first weeks after Chernobyl nuclear accident (memoirs of an eyewitness) // Environmentalist. 2012. V. 32. № 2. P. 131–135.

Поступила: 18.03.2016

Принята к публикации: 28.03.2016

**А.К. Гуськова, В.И. Краснюк, И.А. Галстян, Н.М. Надежина**

## **30 ЛЕТ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС: ОПЫТ ЛИКВИДАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ**

**A.K. Guskova, V.I. Krasnyuk, I.A. Galstyan, N.M. Nadejina**

### **30 Years of Chernobyl NPP Accident: Experience of Mitigation of Medical Consequences**

РЕФЕРАТ

ABSTRACT

Тридцать лет — интервал времени, позволяющий объективно оценить успешность проведенных мероприятий по ликвидации медицинских последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Проведен анализ ближайших и отдаленных последствий у пострадавших трех групп: непосредственные участники (свидетели) аварии, участники ликвидации последствий аварии в 30-км зоне, жители загрязненных территорий. Из 134 непосредственных участников аварии в период основных клинических проявлений умерло 28 человек. Основные причины смерти — местные лучевые поражения, инфекционные осложнения, геморрагический синдром. Известно о смерти в отдаленном периоде после острой лучевой болезни 26 больных. Из них 5 человек умерли от различных онкогематологических заболеваний, что, несомненно, является характерным стохастическим эффектом радиации. Остальные причины смерти — обычные, характерные для населения России в соответствующих возрастных группах. В последующем медицинское наблюдение за этой группой лиц должно быть продолжено, особенно за теми, у кого обнаружены изменения в критических для действия радиации органах: в щитовидной железе, коже и красном костном мозге. Важным для этой группы пострадавших является пожизненное медицинское наблюдение с онкологическим поиском.

Сравнение частоты смертей участников ликвидации последствий аварии с равновозрастными группами мужчин, проживающих в городах России, подтверждает отсутствие дополнительного риска смертельных исходов от основных нозологических форм среди ликвидаторов. Значительно большую по сравнению с ожидаемой выявляемость некоторых заболеваний следует связать с широким охватом и целенаправленностью обследования по критерию радиационного риска и применению новых методов исследования.

Медицинское наблюдение за лицами, проживающими на загрязненных в результате аварии на ЧАЭС территориях, не выявило каких-либо отклонений в заболеваемости и смертности по сравнению с необлучаемым населением России, кроме увеличения частоты рака щитовидной железы у больных, подвергшихся радиационному воздействию в детском возрасте.

**Ключевые слова:** Чернобыльская АЭС, радиационная авария, острая лучевая болезнь, участники ликвидации последствий аварии, жители загрязненных территорий

Thirty years is the time period allowing to estimate success of the held events for elimination of medical consequences of the accident on the Chernobyl Nuclear Power Plant. In the article the analysis of the next and remote consequences at affected three groups is carried out: direct participants (witnesses) of accident, clean-up workers in 30 km zone, inhabitants of the contaminated territories. From 134 survivors survivors in the period of the main clinical manifestations 28 people have died. The main reasons for death was local radiation injuries, infectious complications, a hemorrhagic syndrome. It is known of 26 patients deaths in the remote period after the acute radiation syndrome. From them 5 people have died of various oncohematological diseases that, undoubtedly, is stochastic effect of radiation. Other causes of death were usual, typical for the population of Russia in the relevant age groups. In the subsequent medical supervision over this group of persons has to be continued, especially for those in whom changes in critical bodies for radiation are found: in a thyroid gland, skin and bone marrow. Lifelong medical supervision is important for this group of victims.

Comparison of frequency of death of clean-up workers from the accident with groups of the men living in the cities of Russia of the same age confirms absence of additional risk of deaths from the main nosological forms among liquidators.

Medical supervision over the persons living in the contaminated territories hasn't revealed any deviations in incidence and mortality in comparison with not irradiated population of Russia, except the increase in frequency of cancer of thyroid gland at the patients who have undergone radiative effects at children's age.

**Key words:** Chernobyl NPP, radiation accident, acute radiation syndrome, clean-up workers, inhabitants of the contaminated territories

С момента крупномасштабной катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) прошло 30 лет. Этот временной интервал достаточен для подведения итогов ликвидации медицинских последствий аварии. На начальном отрезке он включает в себя оказание медицинской помощи лицам, пострадавшим в аварийной ситуации с развитием острых лучевых поражений, направленное не только на спасение их жизней, но и на минимизацию последствий и, по возможности, сохранение их трудоспособности, качества жизни в отдаленные сроки, а также

меры по ограничению лучевого воздействия на другие категории лиц — жителей загрязненных территорий, участников ликвидации последствий аварии. В более поздние сроки целью проводимых медицинских мероприятий являлось недопущение сокращения жизни всех групп пострадавших за счет раннего выявления и адекватного лечения отдаленных последствий облучения — развития онкологических заболеваний. Накопленные за этот период сведения достаточны для проведения анализа адекватности мер по преодолению и минимизации медицинских последствий аварии,

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва. E-mail: igoalstyan@rambler.ru

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of FMBA, Moscow, Russia. E-mail: igoalstyan@rambler.ru

критической оценки надежности принятых в ранние сроки прогностических критериев.

Среди вопросов, требующих возвращения к прежним представлениям и переоценке их с учетом накопленного опыта, следующие:

1. Выделение основных групп лиц с различной степенью причастности к аварийной ситуации, с общими для них уровнями доз, динамикой состояния здоровья и показаниями для общего или специализированного наблюдения.

2. Оценка не только непосредственных исходов острых лучевых поражений у участников аварийной ситуации, но и основных отдаленных последствий для здоровья (местных лучевых поражений (МЛП) тяжелой степени, онкологических и нервно-психических), а также степени социальной адаптации различных контингентов.

3. Сопоставление первоначальных оценок и адекватности избранных мер по минимизации последствий аварии для здоровья с сегодняшними представлениями о них на основании оценок эффективности примененных методов лечения.

4. Выделение наиболее адекватных критериев для определения сроков, последовательности и характера лечебно-профилактических мероприятий.

Надо учесть, что к моменту возникновения аварии на ЧАЭС отсутствовал опыт ликвидации последствий столь крупномасштабной аварии с вовлечением в нее огромных территорий и контингентов. Ситуации в Великобритании [1], Бразилии [2], на Южном Урале [3], возникшие в связи с аварийными и нерегламентными выбросами предприятий, не были столь значительными по численности вовлеченных в них лиц и зонам загрязнения.

В основу оценки уровней облучения и прогноза возможных последствий для здоровья в ранние сроки были положены сведения о мощности доз гамма-излучения на различных расстояниях от поврежденного реактора, суммарной активности и структуре выброса радиоактивных веществ.

Установлено, что на момент аварии 26 апреля 1986 г. на ЧАЭС находилось 176 человек дежурного и эксплуатационного персонала, а также работники различных цехов и ремонтных служб. Кроме того, 250 по-

жарных было привлечено для тушения возникших возгораний, среди них 69 человек непосредственно участвовали в тушении.

В первые часы после аварии на ЧАЭС для выяснения ее причин и ликвидации последствий была создана Правительственная комиссия, которая вечером 26 апреля 1986 г. прибыла в район аварии.

К исходу первых суток значительно возросла мощность дозы гамма-излучения в поселке Припять: от 14–60 мР/ч до 400–540 мР/ч. В связи этим было принято решение о срочной эвакуации всего населения. Эвакуация примерно 50 тыс. человек была проведена организованно за три часа 27 апреля 1986 г. одновременно с применением у части из них йодной профилактики [4].

Одним из острых вопросов явился вопрос о показаниях к эвакуации населения Киева и запрете на проведение первомайской демонстрации. Вопрос этот мужественно и ответственно был решен академиком Л.А. Ильным. Прогнозируемая доза облучения населения Киева была в 20 раз ниже признанной безопасной для населения в тот период (100 мЗв). Эвакуация же многомиллионного города и порожденные ею последствия для населения были бы многократно опаснее результатов принятого решения об отказе от эвакуации и разрешений на демонстрацию.

В последующие десять суток (26 апреля – 6 мая) из 30-км зоны было эвакуировано сельское население численностью около 50 тыс. человек суммарно. Из них около 8 тыс. человек находились в наиболее неблагоприятных условиях. Сведения о фактических дозах облучения приводятся в табл. 1.

Реальная средняя доза составляла у населения Белоруссии – 31 мЗв, Украины – 17 мЗв, средняя доза у населения Припяти по гамма-излучению не превышала – 13 мЗв, максимальные могли достигать 50 мЗв [6].

Последовательно формировались сначала общий для бывшего СССР регистр участников аварии ЧАЭС, а затем отдельные национальные регистры, включающие население Украины, Белоруссии и России. Создавались также некоторые регистры, сформированные по нозологическому принципу, иногда объеди-

Таблица 1

**Сводка уточненных оценок доз для основных групп населения, подвергшихся облучению [5]**

| Группа населения                    | Размер группы, тыс. чел | Средняя доза на щитовидную железу, 1986 г., мГр | Средняя эффективная доза, 1986–2005 гг., мЗв |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Ликвидаторы                         | 530                     | — <sup>c)</sup>                                 | 117 <sup>b)</sup>                            |
| Эвакуированные                      | 115                     | 490                                             | 31 <sup>a)</sup>                             |
| Жители Белоруссии, России и Украины | 98000                   | 16                                              | 1,3 <sup>a,d)</sup>                          |
| Жители отдаленных стран             | 500000                  | 1,3                                             | 0,3 <sup>a,d)</sup>                          |

Примечание:

<sup>a)</sup> Оценки эффективной дозы представляют собой сумму вкладов внешнего и внутреннего облучения, за исключением дозы на щитовидную железу

<sup>b)</sup> Оценки эффективной дозы для ликвидаторов включают только дозу за счет внешнего облучения, полученную в основном с 1986 по конец 1990 г.

<sup>c)</sup> Значения дозы на щитовидную железу имеются только для небольшого числа ликвидаторов и части населения

<sup>d)</sup> Суммарная доза будет продолжать расти в течение всей жизни и может увеличиться, но не более чем на 25% от полученной в начальный срок

Таблица 2

**Распределение в специализированном стационаре больных ОЛБ по степени тяжести  
(без учета поражений кожи)**

| Степень тяжести ОЛБ | Диапазон доз, Гр | Число больных | Число летальных исходов от ОЛБ | Сроки летальных исходов во время развернутых клинических проявлений, сут |
|---------------------|------------------|---------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Легкая (I)          | 0,8–2,1          | 41            | —                              | —                                                                        |
| Средняя (II)        | 2,0–4,0          | 50            | 1*                             | 96                                                                       |
| Тяжелая (III)       | 4,2–6,3          | 22            | 7                              | 48, 2–16, 2–21, 24, 10                                                   |
| Крайне тяжелая (IV) | 6,3–16,0         | 21            | 20**                           | 10, 14, 3–15, 2–18, 3–17, 16 20, 21, 24, 25, 29, 30                      |
| Всего больных ОЛБ   | 0,8–16,0         | 134           | 28                             |                                                                          |

Примечания:

\* — одна больная умерла на 96-й день в специализированном стационаре от кровоизлияния в мозг при восстановлении картины крови;

\*\* — еще один больной IV степени тяжести умер в Киеве на 10-й день от комбинированных терморadiационных поражений

няющие данные ряда стран по лейкозу, раку щитовидной железы, генетическим эффектам [5, 7].

Среди участников аварии на ЧАЭС и ликвидации ее последствий выделяются различные группы, различающиеся по потребностям в медицинских мероприятиях и их характере.

**Группа лиц, перенесших острую лучевую болезнь (ОЛБ) и острые местные лучевые поражения (МЛП)**

Уже в первые сутки наряду с неотложными противоаварийными мерами на месте была отобрана группа непосредственных участников аварийной ситуации, нуждающихся в специализированном обследовании и лечении. Результаты первичного медицинского обследования определяли последовательность эвакуации в лечебные учреждения. Для проведения лечебных мероприятий были подготовлены клиника Института биофизики (Москва) и лечебные учреждения Киева. Общее число направленных в стационар лиц с подозрением на развитие ОЛБ было около 350 человек. Первые пациенты поступили в клинику Института биофизики МЗ СССР (ИБФ МЗ СССР, ныне ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России) в ночь с 27 на 28 апреля.

Из 129 лиц, направленных в клинику ИБФ, диагноз ОЛБ был впоследствии подтвержден у 108. Из общего числа обследованных в учреждениях Киева диагноз ОЛБ верифицирован у 26 человек.

Распределение больных по степени тяжести ОЛБ приведено в табл. 2.

Основными причинами смерти были МЛП, инфекционные осложнения, геморрагический синдром.

Необходимо отметить, что кроме больных, приведенных в табл. 2, среди участников аварии умерло еще двое. Причины их смерти были нерадиационные: один погиб на рабочем месте в эпицентре аварии и один — в первые 12 часов в МСЧ-126 от термических ожогов.

Предшествующий большой опыт лечения лучевых поражений в клинике ИБФ и предпринятые срочные меры диагностики позволили в первые часы—дни:

1. Определить основные поражающие факторы — общее внешнее гамма-бета-облучение.

2. Выделить группу (37 больных) с возможным неблагоприятным исходом, в т.ч. у 19 больных в связи с необратимым поражением кроветворения и обширными МЛП тяжелой и крайне тяжелой степени.

3. Начать срочные терапевтические мероприятия, опираясь на собственный и международный опыт, в т.ч. подготовку и проведение трансплантации аллогенного костного мозга (13 пациентов) и трансплантации клеток печени человеческого эмбриона (6 человек) у пострадавших с необратимым поражением кроветворения.

4. Последовательно уточнить уровень доз и прогноз, используя различные методы (цитогенетическое исследование, количественная оценка динамики клеток крови, биофизические измерения).

Накопленный прежде опыт лечения больных ОЛБ позволил следовать принципу превентивного назначения ряда мероприятий на основе вероятности и ожидаемых сроков развития тех или иных синдромов, а также возможности выживания больного.

Анализ результатов оказания медицинской помощи пострадавшим в периоде формирования основных клинических проявлений ОЛБ позволил сделать следующие важные выводы, которые в значительной степени изменили тактику лечения больных ОЛБ и из других аварийных ситуаций, а также позволили увеличить их выживаемость. К ним относятся продемонстрированная эффективность использования гранулоцитарно-макрофагального ростового фактора для сокращения периода агранулоцитоза в периоде разгара ОЛБ, а также высокая эффективность купирования кровоточивости при ОЛБ переливаниями концентрированной тромбоцитарной массы, полученной при сеансе цитофереза от одного донора. Кроме того, опыт лечения пострадавших во время аварии на ЧАЭС убедительно продемонстрировал, что тяжелая и крайне тяжелая степень костномозговой формы ОЛБ (дозовый диапазон 4,0–10,0 Гр) не являются показанием для проведения трансплантации костного мозга, т.к. у этих больных возможно спонтанное восстановление собственного кроветворения.

Необходимо отметить, что опыт оказания медицинской помощи больным с лучевыми поражениями, накопленный до 1986 г., и разработка критериев ме-

дицинской сортировки позволили четко провести сортировку пострадавших в аварии на ЧАЭС. Все тяжело пострадавшие в первые двое суток были доставлены в специализированный стационар — клинический отдел ИБФ МЗ СССР.

Опыт оказания медицинской помощи пострадавшим в аварии на ЧАЭС в дальнейшем был обобщен в виде дополнения «Острые эффекты облучения у пострадавших при аварии на Чернобыльской атомной электростанции» к докладу НКДАР Генеральной ассамблеи ООН 1988 г. [8]. Международное сообщество высоко оценило усилия советских врачей:

«Информация, содержащаяся в приложении I к разделу Н о пострадавших при аварии в Чернобыле является исчерпывающей и ценной. Природа наблюдающихся повреждений не была неожиданной, однако достигнутая степень точности в анализе времени их проявления, их масштабов и степени длительности значительно расширяет наше понимание биологических эффектов высоких доз облучения человека. Накопленный в этом отношении опыт будет содействовать повышению готовности к смягчению последствий любой подобной аварии в будущем... Комитет считает, что он в долгу перед всеми авторами приложения I за их готовность поделиться своим опытом и желает особо отметить их профессиональное мастерство и человеческое сострадание, проявленные в связи со столь трагическими обстоятельствами.»

Авторами приложения I были А.К. Гуськова, А.В. Барбанова, А.Е. Баранов, Г.П. Груздев, Е.К. Пяткин, Н.М. Надежина, Н.А. Метляева, Г.Д. Селидовкин, А.А. Моисеев, И.А. Гусев, Е.М. Дорофеева, И.Е. Зыкова.

Последующее ежегодное обследование в условиях стационара позволило установить, что у пострадавших в аварии на ЧАЭС в отдаленные сроки основным инвалидизирующим фактором являлись последствия тяжелых МЛП, требовавшие повторных хирургических вмешательств по поводу поздних лучевых язв, развивающихся на фоне прогрессирования лучевого фиброза, остеопороза, контрактур. С появлением большой группы пострадавших на ЧАЭС радикально изменился вид хирургических вмешательств при лечении последствий МЛП. В практику было внедрено применение полнослойных аутолооскутов с осевым кровоснабжением, которые дают более стабильный эффект заживления лучевых язв, обеспечивают лучший функциональный и косметический эффект.

Проблема инвалидизации больных, перенесших ОЛБ, по поводу потери зрения из-за лучевой катаракты, в настоящее время также решена. При значительном снижении остроты зрения у пациентов проводится операция замены хрусталика на искусственный с полным восстановлением зрения в постоперационном периоде. Однако надо отметить, что клинической особенностью течения лучевой катаракты у больных, подвергшихся гамма-бета-облучению во время аварии на ЧАЭС, является ее частая стабилизация (отсутствие прогрессирования).

В отдаленном периоде, по имеющимся у нас данным, к настоящему времени от различных причин умерло 26 участников аварийной ситуации на ЧАЭС, перенесших ОЛБ различной степени тяжести. Средний возраст умерших составил около 58 лет. Причины смерти: сердечно-сосудистые заболевания — 11 человек; лейкозы и миелодиспластический синдром — 5; солидные опухоли — 2; заболевания печени — 3; туберкулез — 2; травмы — 2; гангрена легкого — 1 человек.

Среди причин смерти обращает на себя внимание увеличение доли онкогематологических заболеваний (5 из 26), что является результатом общепризнанного лейкозогенного эффекта радиации.

Группа больных, перенесших ОЛБ в связи с аварией на ЧАЭС, несколько отличается по структуре госпитальной заболеваемости и причинам смерти в отдаленные сроки от участников других радиационных аварий. При ретроспективном рассмотрении возникает вопрос о возможности недостаточного учета сопутствующих облучению токсических воздействий (горение пластика, задымление). Это касается, в частности, и своеобразия отдаленных последствий у пострадавших при аварии на ЧАЭС.

Тщательное наблюдение за группой лиц, перенесших ОЛБ, должно быть продолжено пожизненно. Помимо обычных для всего населения заболеваний, особое внимание должно быть уделено критическим для облучения системам: красному костному мозгу, коже, щитовидной железе. Следует предусмотреть поиск маркеров онкологических заболеваний критических органов, с максимально полным современным исследованием их функции и структуры.

Большое внимание должно быть уделено психологической поддержке и социальной адаптации лиц, перенесших ОЛБ, и их детей. Наблюдения показывают, что при соответствующей трудовой мотивации круг доступных для них работ с исключением возможности облучения и, иногда, с некоторыми ограничениями по режиму труда достаточно велик. Представляет интерес оценка состояния здоровья потомков, родившихся у лиц после облучения и перенесенной ОЛБ.

### **Ликвидаторы последствий аварии, не имевшие проявлений лучевой болезни**

В 1986–1987 гг. 226242 человека из числа гражданских лиц и военнослужащих было привлечено к работам по ликвидации последствий аварии в 30-км зоне вокруг ЧАЭС. Средняя эффективная доза у них составляла порядка 62 мЗв.

Оценки индивидуальных доз внешнего облучения у лиц, работавших в 30-км зоне, представлены в табл. 3 [9].

Кроме того, с 1986 по 1990 гг. в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС участвовало более 100 тыс. военнослужащих. Они выполняли самые опасные виды работ (деактивация крыши третьего энергоблока, помещений и территории ЧАЭС, работы по сбросу грузов

Таблица 3

**Оценки эффективных доз внешнего облучения, полученных ликвидаторами в 30-км зоне в 1986–1987 гг. [9]**

| Группа ликвидаторов      | Число работников |       | Средняя доза, мЗв |      |
|--------------------------|------------------|-------|-------------------|------|
|                          | 1986             | 1987  | 1986              | 1987 |
| Персонал АЭС             | 2358             | 4498  | 87                | 15   |
| Строители «Укрытия»      | 21500            | 5376  | 82                | 25   |
| Вспомогательный персонал | 31021            | 32518 | 6,5               | 27   |
| Военнослужащие           | 61762            | 63751 | 110               | 63   |

с вертолетов в разрушенный реактор) и подвергались радиационному воздействию достаточно высокого уровня. Общее количество ликвидаторов составило около 600 тыс. человек [7].

Планируемое повышенное облучение за период работы в аварийной зоне, по согласованию Минздрава СССР с Министерством обороны СССР, ограничивалось дозой 25 сЗв. В последующем она было снижена до 5–15 сЗв в зависимости от вида работ, а с 1988 г. для всех, кроме случаев специального согласования, не должна была превышать 5 сЗв.

Суммарные дозы облучения за период работы от нескольких дней до месяцев у подавляющего большинства составили 6–8 сЗв, что заведомо меньше 25 сЗв. Лишь в единичных случаях доза облучения при некоторых специальных работах могла превышать 25 сЗв, максимально достигая 80 сЗв. Содержание радиоактивных веществ в организме у этих участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС также было существенно ниже пороговых величин для развития каких-либо клинических проявлений лучевых поражений за счет инкорпорации радионуклидов.

Сравнение частоты смерти участников ликвидации последствий аварии с равновозрастными группами мужчин, проживающих в городах России, подтверждает отсутствие дополнительного риска смертельных исходов от основных нозологических форм среди ликвидаторов. Как указывается в докладе Л.А. Ильина [6] к моменту двадцатилетия аварии ЧАЭС состояние здоровья ликвидаторов практически не отличалось или даже было несколько лучше, чем населения России соответствующего возраста и пола.

Однако среди участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС очень высок процент нетрудоспособных лиц. Максимальное число положительных решений относилось к 1990-м гг., когда существовавшие критерии позволяли в большинстве обращений устанавливать ту или иную степень нетрудоспособности, что противоречит огромному опыту клинико-эпидемиологических исследований в атомной отрасли. Значительно большую по сравнению с ожидаемой выявляемость некоторых заболеваний следует связать с широким охватом и целенаправленностью обследования по критерию радиационного риска.

Вместе с тем совокупность некоторых факторов, сопутствующих проведению противоаварийных работ,

может иметь определенное значение для состояния нервно-психического здоровья. Немалое значение имеет социально-психологическая напряженность, связанная с поиском льгот. Для снятия социально-психической напряженности очень важна объективная строго количественная информация и адекватное ее восприятие лицами, которым она адресована.

Анализ наблюдений за этой группой участников аварий должен быть продолжен в плане общей диспансеризации для получения адекватных сравнительных данных о частоте различных наиболее значимых болезней и причинах смерти. В настоящее время основными причинами смертности населения России, по данным Росстата ([www.zdorovieinfo.ru](http://www.zdorovieinfo.ru)), являются: в 55 % – сердечно-сосудистые заболевания, в 15 % – онкологические заболевания, в 8,7 % – несчастные случаи, отравления, травмы и в 21,3 % – заболевания других органов. В ранние сроки после аварии среди участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС обращало на себя внимание увеличение смертности от неестественных причин. Необходимо подчеркнуть обязательность в случае наступления смерти патологоанатомического исследования, уточняющего не только причину смерти, но и наличие заболеваний, которыми страдал умерший при жизни.

Максимально полно должны быть предприняты попытки биоиндикации дозы, особенно в случае участия пациента в противоаварийных работах в ранний период после аварии. Это тем более важно, что в самом неблагоприятном по облучению периоде сведения об индивидуальной дозе облучения были наименее полными и точными.

Выборочные исследования должны быть адресованы только определенным научным целям, а избранные для такого наблюдения группы должны быть репрезентативны основному контингенту ликвидаторов или населения. Выборочная концентрация у исследователей данных отдельных групп, отличающихся по ряду признаков, не может быть экстраполирована на весь контингент ликвидаторов в целом. Информация о радиационном воздействии не может быть во всех случаях отождествлена с психологическим стрессом для каждого человека, подвергающегося ему.

### **Жители загрязненных территорий**

Особую сложность представляют характеристики состояния здоровья населения одиннадцати регионов страны с наиболее очевидным уровнем загрязнения и с несвоевременными мероприятиями по минимизации последствий аварии.

Избранная в качестве предельно допустимой доза 1 мЗв в год (70 мЗв за жизнь), с нашей точки зрения, абсолютно не аргументирована. Она представляет собою лишь небольшую часть дозы от природного фона. Прирост смертности от рака в таких случаях в связи с внешним облучением оценивается по беспороговой концепции как 0,05 % от спонтанного уровня и не бо-

лее 1 % — в наихудшем предположении о дополнительном облучении от внутренних источников в ранний поставарийный период. Выявление отличий, достигающих статистической значимости, при таком уровне доз практически нереально.

Компенсировать льготные мероприятия должны определяться не принадлежностью к когорте участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, а социально-экономическими показателями для населения и региона в целом.

Особо следует выделить и продолжить наблюдения и исследования у лиц, находившихся в «йодный» период аварии в раннем детском или подростковом возрасте. Это относится и к четырем тысячам лиц, у которых уже был выявлен рак щитовидной железы [9]. Лечебно-диагностические мероприятия у этой группы лиц исходят из предположения об определенной значимости радиационного фактора (поступление с пищей изотопов йода, особенно при наличии исходного йодного дефицита). Из числа заболевших раком щитовидной железы за истекший период умерло 15 человек, в т.ч. 9 — от основного заболевания и 6 — от других общих причин [9].

Риск дополнительных летальных исходов, в наихудшем предположении для всего контингента (порядка 600 тыс. лиц из наиболее неблагоприятных по условиям облучения регионов), в прогнозе не превышает 0,7 % [9]. Определить эту величину как реальную практически невозможно.

Попытки определения дополнительной заболеваемости лейкозами затруднены чрезвычайной редкостью этого заболевания, когда расхождения в 1–2 случая существенно изменяют частоту по сравнению со спонтанной. Обнаружение этих различий и оценка их статистической достоверности требуют постановки высококвалифицированных эпидемиологических исследований для страны в целом.

### Заключение

Оценка возможных последствий аварии для здоровья и рациональной системы противоаварийных мер и целенаправленного наблюдения приводятся в обобщающем докладе НКДАР за 2008 г. [5]. Следует согласиться с мнениями экспертов, что нет больших оснований для серьезных тревог о состоянии здоровья в будущем всех контингентов, кроме перенесших острые лучевые поражения.

Обоснованно высоко должны быть оценены дозиметрические сведения, прогноз последствий и система мероприятий, принятые в нашей стране непосредственно после аварии. Они были адекватны объему доступной в тот момент информации и даже содержали в себе определенный резерв безопасности. Иногда они были скорее чрезмерными и недостаточно строго аргументированными по срокам и объему.

Должно быть продолжено наблюдение в первую очередь за группой лиц, перенесших ОЛБ и обнаруживающих изменения в критических органах: в щи-

товидной железе, коже и системе гемопоэза. Важным для этой группы пострадавших является пожизненное медицинское наблюдение с поиском возможных онкологических поражений.

Накопление и обобщение данных по группе лиц с острым и хроническим облучением, длительно и тщательно прослеженных, по-видимому, приблизит нас к определению диапазона пороговых уровней облучения, при которых могут быть выявлены статистически значимые сдвиги, вклад радиации в которых может занять определенное место. Однако во всех случаях эти эффекты являются полиэтиологическими, вклад малых уровней радиации в указанных эффектах существенно менее значим, чем других общеизвестных факторов риска.

Работа над этой статьей была начата профессором А.К. Гуськовой. Однако уход из жизни не позволил ей завершить эту работу. Ученики и сотрудники А.К. Гуськовой — Н.М. Надежина, В.И. Краснюк и И.А. Галстян — подготовили настоящую публикацию к тридцатилетию аварии на ЧАЭС.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самойлов О.Б., Усынин Г.Б., Бахметьев А.М. Безопасность ядерных энергетических установок. — М.: Энергоатомиздат. 1989. 280 с.
2. Radiological Accident in Goiania. — IAEA. 1988. 152 pp.
3. Аксеев А.В. Хронический лучевой синдром у жителей прибрежных сел реки Теча. — Челябинск. 2012. С. 48–55.
4. Российский национальный доклад «25 лет Чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986–2011». Под ред. С.К. Шойгу, Л.А. Большова. — М. 2011. 160 с.
5. Последствия облучения в результате Чернобыльской аварии для здоровья человека. — НКДАР ООН. 2008. 265 с.
6. Ильин Л.А. Проблемы радиационной защиты населения на ранней и промежуточной фазах Чернобыльской аварии // В сб.: «К 20-летию аварии на Чернобыльской АЭС». — М.: Комтехпринт. 2006. С.1–11.
7. Иванов В.К., Цыб А.Ф., Иванов С.И. Ликвидаторы Чернобыльской катастрофы: радиационно-эпидемиологический анализ медицинских последствий. — М. 1999. 310 с.
8. Гуськова А.К., Барабанова А.В., Баранов А.Е. и соавт. Острые эффекты облучения у пострадавших при аварии на Чернобыльской атомной электростанции // В кн.: «Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации. Доклад НКДАР ООН Генеральной Ассамблеи за 1988 г. с приложениями». — М.: Мир. 1993. Т. 2. С. 655–689.
9. Абалкина И.Л., Марченко Т.А., Панченко С.В. Чернобыльская радиация в вопросах и ответах — М. 2006. 40 с.

Поступила: 25.02.2016

Принята к публикации: 22.03.2016

**Р.В. Арутюнян, Л.А. Большов, И.И. Линге, Е.М. Мелихова,  
С.В. Панченко**

**УРОКИ ЧЕРНОБЫЛЯ И ФУКУСИМЫ:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ  
ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ ПРИ АВАРИЯХ НА АЭС**

**R.V. Arutyunyan, L.A. Bolshov, I.I. Linge, E.M. Melikhova, S.V. Panchenko**  
**Lessons of Chernobyl and Fukushima and Actual Problems of Development  
of the System of Radiation Protection of the Population and Territories  
in Case of a Nuclear Power Plant Accident**

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение  
Уроки аварии на Чернобыльской АЭС  
Уроки аварии на АЭС Фукусима-1  
Актуальные задачи совершенствования системы радиационной защиты населения и территорий

**Ключевые слова:** атомные станции, технологическая безопасность реакторов, аварийное реагирование, критерии вмешательства, оптимизация решений по защите населения и территорий, чернобыльская авария, авария на АЭС Фукусима-1

**CONTENTS**

Introduction  
Lessons of the Chernobyl accident  
Lessons of the Fukushima accident  
Actual problems of development of the system of radiation protection of the population and territories

**Key words:** nuclear power plant, technological safety of nuclear reactors, emergency response, intervention criteria, radiation protection of population and territories, optimization of decision-making, Chernobyl accident, Fukushima accident

**Введение**

В 60-летней истории развития мировой атомной энергетики первые три десятилетия можно назвать «поступательным движением». При этом все трудности «технологического роста», а их было немало, преодолевались внутри отрасли. В марте 1979 г. произошла тяжелая авария с частичным плавлением активной зоны на втором энергоблоке американской АЭС Три-Майл-Айленд. Она привела к добровольной кратковременной эвакуации порядка 150–200 тыс. жителей из 25-мильной зоны. Но радиоактивный

выброс был незначимым, и общественный резонанс практически не вышел за пределы США.

26 апреля 1986 г. авария на Чернобыльской АЭС привела к радиоактивному загрязнению обширных территорий в трех республиках СССР и имела сильный общественный резонанс во всем мире. После этой аварии темпы развития мировой атомной энергетики значительно снизились, включая количество подсоединенных к сетям энергоблоков (рис. 1). Была кардинально пересмотрена философия обеспечения безопасности атомных станций, инициированы масштабные международные программы исследования

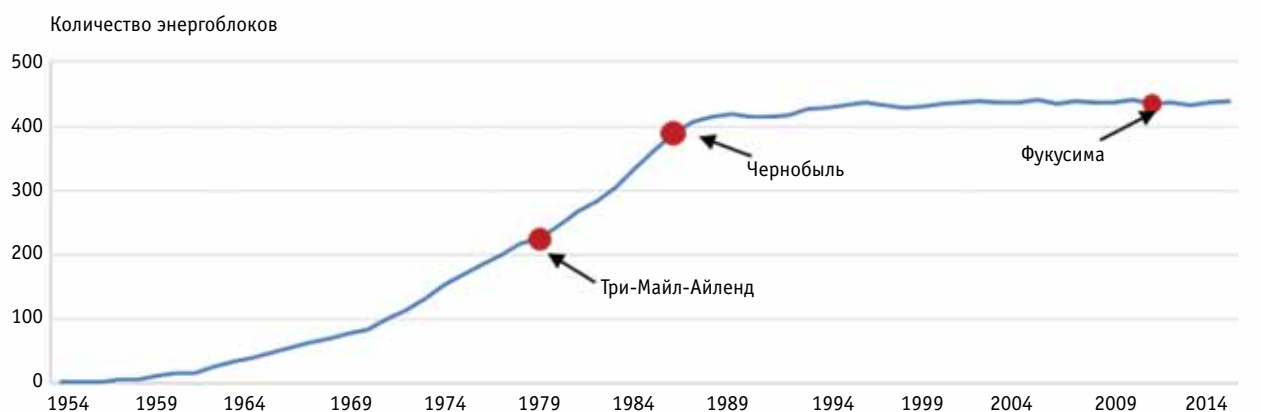


Рис. 1. Количество подключенных к сети энергоблоков в мире по годам, 1954–2014 гг. [40]

Таблица 1

**Сводные данные по серьезным авариям  
(более 5 жертв\*) в мировой энергетике  
в 1969–2000 гг., по данным [38]**

| Вид топлива            | Число аварий | Число жертв*) | Число жертв на 1 ГВт (эл.) |
|------------------------|--------------|---------------|----------------------------|
| Уголь                  | 1 119        | 20 276        | 0,6                        |
| Нефть                  | 397          | 20 218        | 0,9                        |
| Природный газ          | 135          | 2 043         | 0,1                        |
| Сжиженный нефтяной газ | 105          | 3 921         | 14,9                       |
| Гидроресурсы           | 11           | 29 938        | 10,3                       |
| Уран                   | 1            | 31            | 0,05                       |
| Итого                  | 1 870        | 81 258        |                            |

Примечание:

\*) число погибших в ходе аварии и в первые 100 дней после нее

тяжелых аварий на АЭС, началась разработка новых систем безопасности.

Следующие двадцать пять лет мировая атомная энергетика работала без серьезных аварий. Ее доля в мировом производстве электроэнергии стабилизировалась на уровне 16 %, составляя в экономически развитых странах от 20 до 78 % [1, 2].

В период 1987–2007 гг. число случаев аварийного облучения в высоких дозах с ранними клиническими последствиями на предприятиях ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) снизилось в 30 раз по сравнению с предшествующим 20-летним периодом (рис. 2). Всего же за 60 лет использования атомной энергии в мировом масштабе, по данным НКДАР ООН, было зафиксировано 1350 случаев острого облучения с ранними последствиями, в т.ч. 162 смертельных случая, из них 28 в результате аварии на ЧАЭС [3].

Для сравнения, в мире ежегодно в результате серьезных аварий (число жертв не менее 5 человек) в энергетике гибнет более 2 500 человек, и это число растет вместе с ростом энергопотребления. По данным Института Поля Шеррера (Швейцария), за 30-летний период 1969–2000 гг. в угольной энергетике в тяжелых авариях ежегодно погибали в среднем 1053 человека, при сжигании нефти – 674 человека, при сжигании природного газа – 68 человек (табл. 1). Неизбежны жертвы и в гидроэнергетике. Так, при аварии на Саяно-Шушенской ГЭС в 2009 г. одновременно погибли 75 человек. Отсюда с неизбежностью следует вывод о существенно более высоком уровне безопасности атомной энергетике по сравнению с другими видами электроэнергетики (рис. 2).

11 марта 2011 г. произошла тяжелая авария на японской АЭС в префектуре Фукусима. Погибших и пострадавших от острых радиационных поражений не было. Общественный резонанс был общемировым, но вектор развития атомной энергетике не из-



Рис. 2. Сводные данные НКДАР ООН по числу погибших и пострадавших (ранние эффекты) при авариях на предприятиях ЯТЦ и при использовании атомной энергии / ионизирующих излучений в других отраслях (кроме медицинского применения) [3]

менился – были продолжены все ранее объявленные программы строительства новых блоков (рис. 1). Если на момент аварии (11.03.2011 г.) в мире эксплуатировалось 448 энергоблоков установленной мощностью 380,3 ГВт (эл.), то на 01.01.2016 г. функционировали 439 реакторов установленной мощностью 382,5 ГВт (эл.), при этом 66 реакторов находились в стадии строительства. В ближайшие 8–10 лет запланирован ввод еще 158 энергетических реакторов в двадцати с лишним странах Европы и Юго-Восточной Азии [4].

В то же время в «общественном измерении» тема последствий чернобыльской аварии не закрыта окончательно. В Белоруссии, России и на Украине спустя 30 лет действуют государственные программы преодоления последствий аварии. В обществе в целом до сих пор нет консенсуса, прежде всего по медицинским последствиям аварии. Также неоднозначно воспринимаются обществом последствия аварии на АЭС Фукусима-1. Это ярко демонстрируют результаты общероссийского опроса общественного мнения, который проводился по заказу ИБРАЭ РАН в октябре 2012 г.<sup>1</sup>

В ходе опроса более половины россиян ответили, что чернобыльская радиация стала причиной гибели тысяч, десятков тысяч и более человек. Распределение ответов по японской аварии оказалось удивительно похожим на распределение по Чернобылю (рис. 3, 4). В обоих случаях распределение ответов практически не зависело от возраста, образования, материального положения, места проживания и рода занятий респондентов [5].

<sup>1</sup> Фонд «Общественное мнение» включил вопросы о радиационном риске в опросник еженедельного исследования ФОМнибус 26–28 октября 2012 г. Всего были опрошены 1500 человек в 44 регионах РФ. Опрос проводился в форме интервью по месту жительства респондента.



Рис. 3. Распределение ответов респондентов на вопрос: «В 1986 г. произошла авария на Чернобыльской АЭС. По Вашему мнению, сколько всего людей погибли от радиационного воздействия в результате этой аварии?», в процентах от общего числа опрошенных [5]



Рис. 4. Распределение ответов респондентов на вопрос: «В 2011 г. произошла авария на АЭС «Фукусима» в Японии. По Вашему мнению, сколько всего людей погибли от радиационного воздействия в результате этой аварии?», в процентах от общего числа опрошенных [5]

Общественные представления о масштабах радиационных потерь после аварии на ЧАЭС завышены на 2–3 порядка по сравнению с фактическими данными радиационной медицины. Зачастую профессиональное сообщество само представляет общественности весьма неоднозначные данные. Например, объединенный пресс-релиз МАГАТЭ, ВОЗ и ПРООН, подготовленный по итогам работы Чернобыльского форума в 2005 г., озаглавленный «Чернобыль: истинные масштабы аварии», проинформировал мировые СМИ о том, что «в результате аварии на Чернобыльской атомной станции... в конечном счете могли погибнуть в общей сложности до 4 тыс. человек. По состоянию на середину 2005 г., однако, менее 50 случаев смерти могут быть непосредственно отнесены к воздействию облучения во время катастрофы» [6]. Аналогично, в базу данных Института Поля Шеррера, о которой мы говорили выше, были внесены исключительно «гипотетические» оценки отдаленных последствий аварии (от 7 до 33 тыс. онкологических заболеваний с летальным исходом).

Вопрос о том, почему авария с ограниченными радиологическими последствиями в общественном измерении приобрела масштабы катастрофы общенационального масштаба, обсуждался неоднократно, например, в работах [7–9]. Многие объяснялось тем, что работы по ликвидации последствий аварии (ЛПА) происходили в переломный период в истории страны. После аварии на АЭС Фукусима-1 проблема превалирования косвенных последствий тяжелых аварий на АЭС снова стала актуальной. Японская авария по существу не имела выявляемых радиологических последствий, но также превратилась в общенациональную катастрофу в экономически успешной и политически стабильной Японии. В настоящей работе анализируются универсальные факторы, обусловившие многократное возрастание масштабов косвенных последствий в обоих случаях, и обсуждаются пути решения этой проблемы.

### Уроки аварии на Чернобыльской АЭС

На наш взгляд, главной предпосылкой чернобыльской аварии была завышенная оценка достигнутого к 1970-м гг. уровня безопасности АЭС.

К этому времени у руководства атомной отрасли и руководителей советского государства сформировалась уверенность в невозможности серьезных аварий на атомных реакторах советского дизайна. Аварии случались и на исследовательских реакторах, и на промышленных, и на энергетических, но всегда обходились без значимых радиологических последствий и оставались внутриведомственным делом. Уроки аварии 1979 г. на американской АЭС Три-Майл-Айленд в СССР, в отличие от стран Запада, практически были проигнорированы.

Базовым условием обеспечения безопасности АЭС советских проектов были высокие требования к квалификации управленческого и эксплуатационного персонала, который рекомендовалось набирать из выпускников университетов и инженеров-физиков, имеющих знания в области ядерной физики. В Минэнерго, в подчинение которого в 1966 г. были переданы из Минсредмаша все атомные станции, кроме Ленинградской, остро ощущался кадровый голод. Несмотря на значительные темпы подготовки новых профессиональных кадров для АЭС, потребность в них росла еще быстрее. Этот дефицит покрывался за счет привлечения местного населения, а также персонала с других объектов энергетики. У новых сотрудников зачастую не было необходимой квалификации и соответствующей высокотехнологичному производству культуры безопасности<sup>2</sup>. На Чернобыльской АЭС степень пренебрежения требованиями производственной безопасности достигла

<sup>2</sup> Термин «культура безопасности» появился уже после аварии в итоговом докладе Международной консультативной группы по ядерной безопасности, работавшей при генеральном директоре МАГАТЭ (1991 г.).

критической отметки. В ночь с 25 на 26 апреля 1986 г. персонал перевел реактор в потенциально опасное состояние, в котором реализовались негативные проектные характеристики РБМК-1000. Результатом стала самая тяжелая за всю историю атомной энергетики авария.

Разработчики проекта на самом высоком уровне постоянно утверждали, что РБМК — самый безопасный реактор. Теоретические исследования по безопасности реактора РБМК были прекращены. Подготовленные ими регламентные ограничения, как показала практика, оказались весьма слабой защитой. В эксплуатационной документации не были указаны возможные последствия эксплуатации реактора с имевшимися опасными характеристиками. В то же время Минэнерго СССР длительное время пассивно эксплуатировало реакторы РБМК, не придавая должного значения тщательному разбору нарушений в работе [10].

Свидетельства самоуспокоенности руководителей профильных ведомств и властей на местах находим в воспоминаниях чл.-корр. РАМН А.К. Гуськовой и академика Л.А. Ильина, стоявших у истоков отечественной радиационной медицины и радиационной гигиены.

Так, А.К. Гуськова пишет: «Считаю существенным подчеркнуть эту характеристику «победного безоблачного шествия атомной энергетики», притупившего бдительность персонала и породившего необоснованное отрицание руководством какой-либо возможности аварий на АЭС». В 1970 г. А.К. Гуськова и А.А. Моисеев подготовили для издания рукопись книги, в которой были сопоставлены особенности радиационной ситуации и мер помощи при наземном атомном взрыве и аварии мирного времени с обнажением активной зоны реактора. Заместитель министра А.И. Бурназян обвинил авторов в том, что они «планируют аварию». Подробно об этом А.К. Гуськова рассказала в монографии [11].

В сентябре 1985 г. Минсредмаш СССР запретил публикацию статьи ведущих специалистов Института биофизики МЗ СССР Л.А. Ильина, О.А. Павловского и Ю.О. Константинова «Планирование мероприятий по радиационной защите населения при гипотетических авариях на атомных станциях», подготовленной для обсуждения на международном симпозиуме с аналогичной мотивировкой «... в СССР не может быть таких аварий» [12].

В декабре 1971 г. Главный санитарный врач СССР утвердил «Временные методические указания для разработки мероприятий по защите населения в случае аварии ядерных реакторов». В основу была положена разработанная в Ленинградском НИИ радиационной гигиены под научным руководством академика

Л.А. Ильина двухуровневая концепция принятия неотложных решений для аварийных ситуаций на АЭС: при эквивалентной дозе облучения на уровне 250 мЗв за 10 дней эвакуация считается целесообразной (уровень А), а если прогнозируемая доза превышает 750 мЗв, то эвакуация является обязательной (уровень Б) [13]. Методические указания предназначались для руководителей Гражданской обороны СССР и руководителей служб ГО на местах, для администраций АЭС, руководителей служб здравоохранения областей и республик. В 1983 г. Минздравом СССР был утвержден Приказ № 2826/83 от 4.08.1983 г. «О мерах защиты населения в случаях аварии на ядерных реакторах». После чернобыльской аварии оказалось, что большинство ответственных за организацию и проведение соответствующих мероприятий вообще не знали о существовании этих документов, которые не были секретными [12].

Игнорирование тяжелых аварий на всех уровнях управления объясняет отсутствие в СССР вплоть до 1986 г.:

- готовности руководства и персонала АЭС, а также органов власти всех уровней к организации радиационной защиты населения на значительных территориях с многомиллионным населением,
- технически обоснованных аварийных планов на случай аварий со значительным радиоактивным выбросом,
- специализированных сил и средств для работ в условиях тяжелой аварии,
- территориальных систем радиационного мониторинга,
- оперативной системы научно-технической и инженерной поддержки принятия решений по управлению аварией в острой фазе.

В результате аварии на Чернобыльской АЭС 134 человека из числа пожарных и сотрудников станции получили в первые сутки высокие дозы облучения на все тело, приведшие к развитию острой лучевой болезни, 28 из них спасти не удалось.

Жители 50-тысячного города Припять были экстренно эвакуированы, чтобы предотвратить превышение нижней границы (уровень А) действовавших на момент аварии дозовых критериев. Позже из-за опасений парового взрыва были также эвакуированы жители и 30-км зоны. Всего в 1986 г. были вывезены 116317 человек из 187 населенных пунктов [12, 14].

После того как выброс в атмосферу заметно снизился и радиационная обстановка стабилизировалась, к работам на площадке и за ее пределами продолжали привлекаться неоправданно большие контингенты ликвидаторов. Только в 1986 г. в работах в зоне ЧАЭС принимали участие около 120 тыс. человек. Многие решения по управлению аварийными

работами вынужденно принимались в условиях жесткого лимита времени и без необходимой проработки. Жесткие сроки в значительной мере определялись задачей в кратчайшие сроки обеспечить восстановление и пуск ЧАЭС. Такая постановка задачи, в свою очередь, была следствием непонимания реальных масштабов последствий аварии.

Без своевременных указаний из центральных органов управления местные власти не решались предпринять необходимые контрмеры. Непростительное затягивание мероприятий по защите щитовидной железы от радиоактивного йода (в т.ч. введение ограничения на употребление жителями загрязненного молока и листовой зелени и прием защитных препаратов стабильного йода) привело к высоким дозам облучения с последующим развитием радиогенной патологии щитовидной железы у части детского населения в ряде эндемичных по зобу районов Белоруссии, России и Украины [15, 16].

Отсутствие единой государственной системы защиты населения и территорий при масштабных радиационных авариях означало, в первую очередь, отсутствие у властей продуманной стратегии действий и системы выработки оптимальных мер вмешательства, основанной на научно обоснованных оценках и прогнозах среднесрочных и долгосрочных последствий.

Решения по информированию населения СССР за пределами аварийной зоны и международной общественности исходили из текущей конъюнктуры внутренней и внешней политики. Внутри страны почти три года детальная информация о радиационных последствиях аварии оставалась засекреченной. Защитные мероприятия в этот период проводились в основном в зоне жесткого контроля, ограниченной изолинией 15 Ки/км<sup>2</sup>, и затрагивали порядка 273 тыс. человек в трех советских республиках (табл. 2). Граница зоны была выбрана исходя из дозового критерия 100 мЗв облучения населения за первый год. На второй год допустимая годовая доза облучения населения была снижена до 30 мЗв, на третий год – до 25 мЗв. Проведенный впоследствии индивидуальный дозиметрический контроль показал, что накоплен-

ные за 10 лет дозы внешнего облучения превысили 100 мЗв только у 3 % жителей [14].

В ноябре 1988 г. Научная комиссия по радиационной защите (НКРЗ) предложила на восстановительной фазе использовать дозовый критерий 350 мЗв (35 бэр) за 70 лет. В мировой практике принцип оптимизации мер радиационной защиты был уже общепринятым, но механизмы оптимизации не были разработаны. По сравнению с существовавшим годовым нормированием 35-бэрная концепция могла обеспечить высокую степень радиационной защиты и исключить необоснованное вмешательство. Предел дозы 350 мЗв за жизнь примерно удваивал среднюю дозу от природного фона, при этом гипотетическое число дополнительных радиогенных раков, рассчитываемое на основании предположения о беспороговом действии радиации, составляло сотые доли от спонтанного уровня онкологической смертности, т.е. было не обнаружимо. С радиологической точки зрения 35-бэрная концепция была слишком консервативной; по мнению председателя МКРЗ Д. Бенинсона, безопасным можно было считать уровень 100 бэр за 20 лет [17].

Однако в начале 1989 г. политическая ситуация начала стремительно меняться. Власти уже не могли сохранять секретность, и чернобыльская тема стала аргументом в политической борьбе. «35-бэрную концепцию академика Ильина» объявили «геноцидом славянских народов». СМИ заполнились весьма эмоциональной, но, как правило, непрофессиональной, тенденциозной, а иногда и просто фальсифицированной информацией о медицинских последствиях аварии. У значительной части ликвидаторов и населения зоны жесткого контроля были сформированы стойкие негативные ожидания в отношении здоровья и жизненных перспектив [18].

В условиях острой политической борьбы популистский подход центральных властей к решению вопросов компенсации и возмещения ущерба от аварии был предрешен. В сентябре 1991 г. вступил в силу Закон СССР от 15.05.1991 № 2146-1 «О социальной защите граждан, пострадавших вследствие Чернобыльской катастрофы». Этот закон гарантировал социальную защиту «пострадавшим» вне зависимости от фактической реализации радиационного риска для здоровья и даже вне зависимости от полученной дозы облучения. В категорию «пострадавших» были включены жители территорий с плотностью загрязнения почвы цезием-137 свыше 1 Ки/км<sup>2</sup>, а также все, кто побывал в 30-км зоне ЧАЭС в период с 26.04.1986 по 01.01.1990 г., независимо от продолжительности пребывания.

Формально в законе фигурировал дозовый критерий 1 мЗв/год как ориентир для проведения за-

Таблица 2

**Численность населения и накопленные за период 1986–1996 гг. дозы облучения в зоне жесткого контроля (<sup>137</sup>Cs > 15 Ки/км<sup>2</sup>) (за исключением доз на щитовидную железу) [39]**

| Показатель                       | Белоруссия | Россия | Украина | Всего |
|----------------------------------|------------|--------|---------|-------|
| Численность населения, тыс. чел. | 109        | 111,8  | 52,0    | 272,8 |
| Средние накопленные дозы, мЗв    | 47,0*)     | 82,6   | 35,7    | 59,4  |

Примечание:

\*) в Белоруссии население из зон «жесткого контроля» было переселено в 1991–1992 гг.

щитных мероприятий на радиоактивно загрязненных территориях (РЗТ). Но он не был привязан к критериям зонирования и, по сути, играл номинальную роль. Размер льгот и компенсаций жителям РЗТ устанавливался по зонам загрязнения, участникам ЛПА — по календарному году въезда в 30-км зону. Меры социальной защиты ликвидаторов включали бесплатное приобретение лекарств и оказание медицинской помощи, досрочный выход на пенсию, оплачиваемый дополнительный «чернобыльский» отпуск, налоговые льготы и денежные выплаты и др.

Ликвидаторы с подтвержденным диагнозом ОЛБ были выделены в отдельную категорию, им обеспечивалась персонализированная медицинская помощь и необходимые условия для поддержания здоровья. Остальные участники ЛПА были разделены на две категории — ликвидаторы 1986–87 гг. и ликвидаторы 1988–89 гг. Льготы и компенсации ликвидаторам каждой категории устанавливались «независимо от места дислокации и выполняемых работ», т.е. никак не были привязаны к реально полученным дозам.

Размеры индивидуальных компенсаций и льгот на РЗТ также слабо зависели от уровня риска, т.к. с начала 1990-х гг. на большинстве РЗТ дополнительное облучение уже не превышало 1 мЗв в год. Средние дозы облучения жителей в зоне жесткого контроля к 1991 г. снизились до 3 мЗв/год (рис. 5).

Примененные в законе 1991 г. критерии увеличили численность затронутого мерами вмешательства населения более чем на порядок, примерно с 500 тыс. до 7 млн человек. При этом 90 % территорий, включенных по закону в категорию РЗТ, относились к зоне льготного социально-экономического статуса (1–5 Ки/км<sup>2</sup>), где дополнительные чернобыльские дозы были сопоставимы с дозами облучения от природного фона. Как происходил рост численности населения, затронутого контрмерами в Российской Федерации, показано на рис. 5.

После распада СССР в декабре 1991 г. эти же критерии социальной защиты были закреплены в чернобыльских законах новых государств (Белоруссия, Россия и Украина).

По расчетным оценкам, накопленные за двадцать послеаварийных лет чернобыльские дозы у 150 тыс. жителей зоны жесткого контроля были сопоставимы или несколько выше накопленных за тот же период доз от природного фона (~50 мЗв), в т.ч. порядка 25 тыс. человек в России (табл. 3). У остальных 6,25 млн жителей РЗТ чернобыльская доза была меньше природного фона. Например, у 70 % из них дополнительные накопленные за 20 лет эффективные дозы оказались менее 1 мЗв, а у 20 % колебались от 1 до 2 мЗв [15].



Рис. 5. Динамика средних эффективных годовых доз облучения населения в зоне загрязнения 15–40 Ки/км<sup>2</sup> в 1986–1996 гг. (черная линия), по [41]; численность населения на российских территориях, официально вовлеченных в защитные меры (красная линия), по [9]

Таблица 3

**Распределение жителей четырех российских областей по накопленным за 20 лет после аварии дополнительным эффективным дозам, тыс. чел., по данным [14]**

| Области   | 10–20 мЗв | 20–50 мЗв | 50–70 мЗв | 70–100 мЗв | Выше 100 мЗв |
|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|--------------|
| Брянская  | 112,6     | 103,2     | 18,1      | 5,1        | 1,6          |
| Калужская | 6,2       | 0,6       | —         | —          | —            |
| Тульская  | 34,9      | 3,7       | —         | —          | —            |
| Орловская | 7,7       | 0,5       | —         | —          | —            |

Примечание: в остальных областях накопленные дозы не превышают 10 мЗв

Таблица 4

**Средние дозы облучения за счет ЭРОА изотопов радона отдельных групп наиболее облучаемых жителей в разных субъектах Российской Федерации [18]**

| Субъект РФ          | Доза, мЗв/год |
|---------------------|---------------|
| Челябинская область | 89,1 ± 22,3   |
| Ставропольский край | 51,5 ± 7,2    |
| Санкт-Петербург     | 50,4 ± 1,2    |
| Ростовская область  | 49,7 ± 4,1    |
| Еврейская АО        | 48,0 ± 6,3    |
| Республика Алтай    | 42,7 ± 5,1    |
| Республика Адыгея   | 42,7 ± 4,7    |
| Красноярский край   | 36,7 ± 3,1    |
| Забайкальский край  | 30,7 ± 8,7    |

В то же время, по данным Роспотребнадзора, в России более 1 млн человек живут на территориях, где дозы от природного фона превышают 10 мЗв/год и около 10 млн человек получают дозы от природных источников более 5 мЗв/год [19]. Для некоторых групп населения в отдельных районах российских

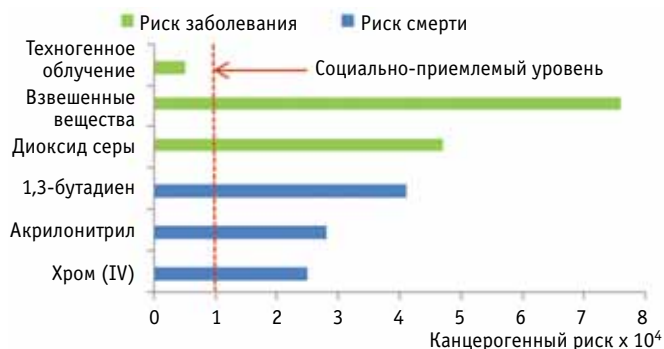


Рис. 6. Пожизненный канцерогенный риск от годового воздействия вредных химических веществ на уровне ПДК в атмосферном воздухе и ионизирующего излучения на уровне предельной годовой дозы для населения 1 мЗв, по [42]

городов и в небольших населенных пунктах дозы от природных источников превышают 30, 40 и даже 50 мЗв/год (табл. 4). Показатели популяционного здоровья жителей в районах с аномально высокими уровнями природного фона, как и на территориях в других странах мира (например, 35 мЗв/год в Гуарапари в Бразилии и в штате Керала в Индии и т.д.) не имеют значимых отклонений от соответствующих региональных значений [20], а радиационные риски в этом случае выносятся за рамки санитарного регулирования.

Средние (разовые) эффективные дозы облучения российских пациентов при основных видах рентгенодиагностических процедур достигают 3–5 мЗв (многофазные томографические исследования), и объем применения таких процедур постоянно растет [19]. Тенденция к росту медицинского облучения наблюдается во всех развитых странах. Так, в Германии в 2005 г. среднегодовые дозы от медицинских источников приблизились к отметке 2 мЗв/год, в США в 2006 г. превысили уровень 3 мЗв/год [21].

Ситуации существующего облучения после аварии на ЧАЭС, как и ситуации планируемого облучения от атомного производства, выделяются как «более опасные» не только по отношению к природным и медицинским источникам, но и по отношению к вредным химическим веществам, в т.ч. канцерогенам. Например, канцерогенный риск от облучения на уровне допустимого предела дозы в десятки раз ниже риска от воздействия химических загрязнителей на уровне ПДК, воздействию которых подвержены многие миллионы людей (рис. 6). По оценкам ИБРАЭ РАН, выбросы угольных ТЭС являются причиной 5–7 тыс. преждевременных смертей в год среди российского населения (табл. 5).

Таким образом, чернобыльский закон перевел регулирование аварийных рисков в диапазон малых и сверхмалых доз облучения, которые на два порядка

Таблица 5

#### Риски смерти населения в российских городах с крупными угольными ТЭС [42]

| Города                         | Численность населения, тыс. чел. | Индивидуальный годовой риск смерти | Популяционный годовой риск смерти, чел. |
|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|
| Улан-Удэ                       | 371,4                            | $5,1 \times 10^{-4}$               | 190                                     |
| Черемхово                      | 50,0                             | $1,9 \times 10^{-3}$               | 96                                      |
| Чита                           | 316,7                            | $8,8 \times 10^{-4}$               | 278                                     |
| Новочеркасск (Ростовская ГРЭС) | 188,7                            | $3,2 \times 10^{-4}$               | 60                                      |
| Усурийск                       | 158,4                            | $1,0 \times 10^{-3}$               | 158                                     |

ниже порога обнаружимости вредного воздействия на здоровье и в десять раз ниже верхних границ вариабельности доз облучения от природного фона и медицинских диагностических процедур. Регулирование в этом диапазоне уже не имеет отношения к практическим задачам защиты здоровья человека. Подробнее этот вопрос рассматривается ниже.

Установленные чернобыльскими законами критерии зонирования и предоставления социальной защиты не были оправданными не только с точки зрения базового принципа радиационной защиты, утверждающего, что польза от снижения радиационного ущерба должна перевешивать вред от вмешательства. Центральным властям пришлось «размазывать» средства по всем зонам, включая обширную зону льготного социально-экономического статуса (1–5 Ки/км<sup>2</sup>). В условиях постоянного недофинансирования чернобыльских госпрограмм наиболее пострадавшие районы оказались в худшем положении. По оценкам специалистов ИБРАЭ РАН, суммарная финансовая поддержка жителей РЗТ за период 1992–2015 гг. не превысила 1 500 долл. США на одного человека.

В то же время, чернобыльский закон создал предпосылки для серьезных психологических проблем у миллионов жителей РЗТ и сотен тысяч ликвидаторов<sup>3</sup>, которые восприняли социальные гарантии как убедительное подтверждение худших опасений в отношении последствий облучения. По факту, через двадцать пять лет после аварии из 134 ликвидаторов с подтвержденным диагнозом ОЛБ 84 человека были живы<sup>4</sup>. У остальных участников ЛПА последствий для

<sup>3</sup> После принятия закона была проведена учетная компания, и были выданы порядка 600 тыс. «ликвидаторских» удостоверений.

<sup>4</sup> 28 человек умерли от последствий ОЛБ в первые 100 дней после аварии, за последующие 25 лет от разных причин умерли еще 22 человека.

Таблица 6

**Изменение санитарно-гигиенических нормативов на мясную и молочную продукцию  
в СССР и России, Бк/кг(л)**

| Продукты           | 06.05.1986 | 30.05.1986*) | 15.12.1987**) | 06.10.1988 | 22.01.1991 | 1993 | 1996 | 2001 | 2010 |
|--------------------|------------|--------------|---------------|------------|------------|------|------|------|------|
| Молоко             | 3700       | 370          | 370           | 370        | 370        | 370  | 50   | 100  | 100  |
| Мясо, мясопродукты |            | 3700         | 1850          | 1850       | 740        | 600  | 160  | 160  | 200  |

Примечание:

\*) ограничение по β-активности; \*\*) ограничения по  $^{137}\text{Cs}$

здоровья, которые НКДАР ООН мог бы в настоящее время безоговорочно отнести на счет воздействия излучения, не выявлено [15, 22].

Политически мотивированные решения по социальной защите пострадавших, привязавшие льготы и компенсации к критериям, не имеющим научно обоснования, не подкрепленным реалистичными оценками доз и параметров радиационной обстановки, в конечном счете, завели ситуацию в тупик — любые попытки властей сократить объем социальных гарантий пострадавшим в условиях тяжелейшего экономического кризиса воспринимались населением РЗТ и ликвидаторами крайне остро.

Еще один фактор, многократно увеличивший масштаб косвенных последствий Чернобыля, — это выбор необоснованно низких допустимых уровней загрязнения продуктов питания.

В СССР первые послеаварийные временно допустимые нормативы (ВДУ) на содержание радионуклидов в пищевых продуктах были установлены 6 мая 1986 г. 30 мая 1986 г. был введен исключительно жесткий норматив на цезий-137 в молоке — 370 Бк/кг. После этого только в РСФСР ограничения на потребление местной сельхозпродукции и продовольственного сырья затронули территорию площадью 700 тыс. га. Следующее серьезное снижение ВДУ на продукты питания произошло в конце 1987 г. (табл. 6). Эти меры привели к тому, что в зоне жесткого контроля в 1989 г. у 95 % населения годовая доза внутреннего облучения снизилась с 15 до 2,5 мЗв [14].

Однако в феврале 1991 г. российские санитарные власти снова ужесточили ВДУ на мясо еще в 2,5 раза, а на детское питание — также в 2 раза. Соответственно в России площадь затронутых ограничениями территорий выросла в 50 раз по сравнению с 1986 г. Последовательное ужесточение нормативов продолжалось и после 1991 г. Оно не было оправданным с радиологической точки зрения и создало серьезные экономические трудности для сельскохозяйственных районов в зоне загрязнения.

Так, в 1996 г. в России были утверждены новые «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов» (СанПиН 2.3.2.560-96), где национальный норматив на содержание цезия-137 в молоке был снижен до 50 Бк/кг. В то же время в наиболее загрязненных

юго-западных районах Брянской области временный контрольный уровень (ВКУ) на молочную продукцию был установлен на уровне 185 Бк/кг. Решение о введении дифференцированных нормативов не имело должной межведомственной проработки. «Двойные стандарты» стали причиной торговой дискриминации производимой на юго-западе молочной продукции. Государственные субсидии позволяли хозяйствам в наиболее загрязненных районах Брянской области производить молоко, соответствующее ВКУ, но его нельзя было продать в других районах. Это привело к тому, что местные жители стали называть свои земли «резервацией». Главы администраций семи юго-западных районов в 2000 г. выразили свое мнение в открытом обращении к Правительству Российской Федерации следующим образом: «Мы считаем, что государственные программы должны быть направлены не на обеспечение самых низких в мире нормативов, а на устойчивое развитие наших районов и обеспечение социально-приемлемого уровня жизни людей» [23].

На практике стремление снизить дозы облучения при игнорировании базового принципа оптимизации вмешательства превращалось в самоцель и приносило больше вреда, чем пользы. В этом смысле опыт европейских стран был более успешным. Например, в Норвегии, на которую пришлось около 3 % от суммарных выпадений в Европе, более 7 тыс. км<sup>2</sup> территории оказались загрязненными радиоактивным цезием на уровне свыше 1 Ки/км<sup>2</sup> [24]. Этим территориям не присваивался какой-либо особый льготный статус, жителям не предоставлялись льготы и компенсации.

Основной защитной мерой в Норвегии было введение ограничений на загрязненную пищевую продукцию. Решения по допустимым уровням загрязнения были более взвешенными. Например, норматив на молоко был снижен в 1986 г. до 370 Бк/кг, но потом, в отличие от СССР, власти его уже не меняли. Это было вполне оправданно, поскольку специальная Комиссия ФАО/ВОЗ по безопасности продовольствия рекомендовала в качестве допустимого уровня для международной торговли молоком и другими продуктами питания значение 1000 Бк/кг (Кодекс алиментарис, 1989 г.) и в дальнейшем этот уровень не снижала.

Еще один пример оптимизации вмешательства при безусловном обеспечении радиационной безопасности населения — это регулирование норвежскими властями допустимых уровней загрязнения мяса северных оленей, в пробах которого в мае 1986 г. были обнаружены самые высокие концентрации цезия-137. В июне 1986 г. национальный норматив на содержание цезия-137 в мясе и мясной продукции был зафиксирован на уровне 600 Бк/кг. В оленине содержание цезия-137 было на два порядка выше. Разведение северных оленей — основной промысел коренного финно-угорского народа саамов. Жесткий норматив поставил под угрозу весь уклад их жизни. В связи с этим в ноябре 1986 г. контрольный уровень на мясо северных оленей был поднят до 6000 Бк/кг. Саамам, в рационе которых оленина занимает важное место, рекомендовали перед забоем переводить животных на чистые корма и использовать специальные способы приготовления мяса. Для остальных жителей Норвегии, редко употребляющих оленину, норматив 6000 Бк/кг не приводил к заметному повышению доз внутреннего облучения. В 1994 г. после измерения фактического содержания цезия-137 в оленине контрольный уровень был снижен до 3700 Бк/кг, в настоящее время он составляет 1500 Бк/кг [25].

Таким образом, еще раз подчеркнем, что масштаб косвенных последствий аварии определялся не масштабом медицинских радиологических последствий, а выбором необоснованных уровней вмешательства. В отсутствие стратегии, технической, организационной и адекватной нормативной базы, а также системы научно-технической поддержки принятия решений по управлению радиационным риском на РЗТ выбор неоправданно жестких уровней был предпринят в силу гипертрофированного восприятия обществом радиационной опасности.

### **Уроки аварии на АЭС Фукусима-1**

Авария произошла 11 марта 2011 г. на японской АЭС Фукусима-1 в результате стихийного бедствия. Но ключевой причиной этой аварии, так же, как и в Чернобыле, стала завышенная оценка руководством отрасли и государства достигнутого уровня безопасности японских АЭС. Уроки Чернобыля японское руководство проигнорировало, как в свое время руководство СССР проигнорировало уроки тяжелой аварии на АЭС Три-Майл-Айленд. Независимая парламентская комиссия Японии, занимавшаяся расследованием причин аварии, назвала катастрофу рукотворной [26].

В 1999 г. в Японии произошла серьезная авария на заводе по переработке урана в Токаймуре. После этого был принят государственный акт по специальным мерам готовности к авариям на атомных производ-

ствах, уполномочивший регулятора (NISA) возглавить эту работу. Стратегическим просчетом было то, что сами регуляторы переоценивали существующий уровень защиты АЭС от маловероятных внешних событий с высокой интенсивностью [27].

Например, регулятор разрешил операторам АЭС не рассматривать ситуацию длительного отключения внешнего электропитания из-за ее малой вероятности и наличия на станциях аварийных дизель-генераторов. В 2006 г. регулятор начал пересмотр национальных руководств по аварийной готовности с тем, чтобы привести их в соответствие с новыми международными рекомендациями. В частности, предусматривалось проведение мероприятий по усилению противоаварийной готовности в 10-км зоне АЭС Фукусима-1. Однако у регулятора возникли опасения, что местное население неправильно истолкует активизацию противоаварийной деятельности. Это может поставить под сомнение многолетние усилия отрасли по убеждению общественности в высочайшем уровне безопасности АЭС и повредить развитию перспективных работ по МОКС-топливу. Поэтому пересмотр противоаварийных руководств затягивался, и к 2011 г. не был завершен [27].

Сценарии тяжелых запроектных аварий были исключены из системы аварийной готовности. Хотя на станциях проводились противоаварийные учения и тренировки, неработоспособность национальной системы радиационного мониторинга и прогнозирования обнаружилась только в ходе аварии. Из-за значительных повреждений инфраструктуры трудно было активировать работу кризисного центра, находящегося в 5 км от станции. Через несколько дней кризисный центр пришлось передислоцировать в связи с ухудшением радиационной обстановки [27].

Так же как в свое время в СССР, игнорирование возможности тяжелых аварий в Японии привело к отсутствию:

- готовности руководства и персонала АЭС, а также органов власти всех уровней к организации радиационной защиты населения на значительных территориях с многомиллионным населением;
- технически обоснованных аварийных планов на случай аварий со значительным радиоактивным выбросом;
- специализированных сил и средств для проведения работ в условиях тяжелой аварии;
- оперативной системы научно-технической и инженерной поддержки принятия решений по управлению аварией и защите населения и территорий в острой фазе аварии.

Радиологические последствия японской аварии оказались, к счастью, весьма ограниченными. Погибших и пострадавших от лучевых поражений

среди персонала аварийной АЭС и населения не было. В первые несколько дней были превентивно эвакуированы жители 20-км зоны. Через месяц были переселены также жители территорий, где дозы за первый год могли превысить 20 мЗв. Общее количество эвакуированных в связи с аварией на АЭС Фукусима-1 — более 100 тыс. человек<sup>5</sup>.

К декабрю 2011 г. число участников ЛПА составляло 23 тыс. человек. Для большинства ликвидаторов эффективные дозы не превысили установленный 14.03.2011 предел дозы 250 мЗв<sup>6</sup>. Дозы свыше 100 мЗв зафиксированы у 174 человек, в т.ч. свыше 250 мЗв — у шести человек. Максимальные эффективные дозы получили два человека (на уровне 680 мЗв, из них 590 мЗв за счет внутреннего облучения) [27].

По данным НКДАР ООН, дополнительные дозы облучения для большинства жителей Японии в первый и последующие годы меньше доз, получаемых от естественного фоновое излучения, величина которого в Японии составляет ежегодно около 2,1 мЗв; средние эффективные дозы для эвакуированных — менее 10 мЗв [28].

Отдаленных радиогенных эффектов у населения не ожидается. У участников ЛПА с дозами свыше 100 мЗв такие эффекты могут быть, но достоверно выявить их в малочисленной группе невозможно.

Отсутствие прямых радиологических последствий аварии объясняется в основном превентивной эвакуацией более 100 тыс. человек. В острой фазе при неочевидном прогнозе развития тяжелой аварии решение об эвакуации жителей из 20-км зоны было оправданным. Но эвакуация растянулась на годы. На 30 января 2015 г. около 119 тыс. человек все еще оставались в статусе эвакуированных [27].

Масштаб косвенных последствий японской аварии намного превзошел масштаб прямых радиологических последствий, прежде всего из-за затягивания решений по вмешательству и выбора неоправданных критериев.

Например, рекомендации по укрытию в домах в радиусе от 20 до 30 км от аварийной станции действовали в течение 10 дней (15–25.03.11), все это время местная инфраструктура была парализована, и десятки тысяч человек предпочли уехать. 25 марта эта территория была объявлена зоной добровольной эвакуации. Через месяц (22.04) в зону добровольной

эвакуации были также включены районы, где доза за первый год могла превысить 20 мЗв [27].

Четких оценок и долгосрочного прогноза радиационных последствий у японских властей не было практически до середины 2011 г., не были выработаны решения по основным мерам защиты, и населению сообщались кардинально отличавшиеся оценки ситуации. В то же время ИБРАЭ РАН потребовались две недели, чтобы с помощью современных программных средств и данных измерений из открытых интернет-источников получить необходимые оценки и сделать однозначный вывод о целесообразности временного отселения после острой фазы аварии только на небольшой территории с населением около 10 тыс. человек, где дозы могут превысить 100 мЗв за первый год [30].

Японские власти, ориентируясь на рекомендованный МКРЗ в 2007 г. дозовый диапазон для вмешательства 20–100 мЗв/год, выбрали в качестве критерия нижний уровень 20 мЗв/год. Исходя из непревышения выбранного дозового критерия, решение о возвращении эвакуированных людей было отложено до окончания дезактивационных работ. Прямой экономический ущерб, связанный с длительным выводом из экономического оборота порядка 1 тыс. км<sup>2</sup> густонаселенных прибрежных территорий и переселением жителей, оценивается на уровне 100 млрд. долл. США [30]. По факту на конец марта 2013 г. в префектуре Фукусима и за ее пределами были зарегистрированы 146 тыс. эвакуированных, а из бюджета Японии на преодоление последствий радиационной аварии было выделено порядка 9 млрд. долл. США [31].

Выбор 20 мЗв за первый год в качестве критерия переселения вряд ли можно назвать оптимальным с точки зрения социально-экономических последствий. Известно, что даже однократные дополнительные дозы облучения на уровне 100 мЗв не могут привести к выявляемым негативным последствиям для здоровья. В то же время вред от переселения для людей, эвакуированных по дозовому критерию, безусловно, перевесил гипотетическую пользу от снижения дозы. Негативные последствия для здоровья эвакуированных, не связанные с радиационным воздействием, суммируются в работе [32]. В числе этих последствий — высокий уровень дистресса и отдельные симптомы посттравматического стресса. Психологическая травма чаще всего была обусловлена разделением членов семей в ходе эвакуации и/или неоднократными переездами с места на место. Сотни ослабленных людей (больных, пожилых) умерли из-за плохо организованной эвакуации и длительного проживания в переполненных эвакуационных центрах. Среди причин их смерти называются неоказа-

<sup>5</sup> Оценки числа эвакуированных в связи с радиационной аварией на АЭС колеблются в диапазоне от 11 760 (Комиссия ТЕРСО, 2012 г.) до 164 тыс. человек [27].

<sup>6</sup> До Фукусимы предел дозы для персонала, занятого в аварийных работах, составлял 100 мЗв. Через три дня после начала аварии он был поднят до значения 250 мЗв, которое считается нижним порогом для регистрации хромосомных aberrаций в лимфоцитах [29].

ние своевременной медицинской помощи в связи с закрытием лечебных учреждений в зоне эвакуации, физические и моральные страдания при транспортировке в эвакуационные центры, резкое изменение условий жизни после переселения в эвакуационные центры и т.п.

Для проведения дезактивационных работ за пределами площадки японские власти выбрали два референсных уровня. В так называемой «зоне экстренной дезактивации» (циркулярная 20-км зона + районы, где дополнительная доза по состоянию на осень 2011 г. могла превысить 20 мЗв/год) ответственность за все работы была возложена на японское правительство. В зоне интенсивного контроля загрязнения с прогнозируемыми годовыми дозами 1–20 мЗв очистку поручили муниципальным властям, установив 1 мЗв/год в качестве целевого уровня [27]. Общая площадь подлежащих дезактивации территорий составляет 13 тыс. км<sup>2</sup> или 3 % от всей территории Японии. Затраты на эти работы оцениваются на уровне 4,8 млрд. долл. США (370 млрд. иен). В муниципалитетах почва, грязь, листья и другой мусор с уровнями загрязнения свыше 8 кБк/кг собираются и складываются в больших пластиковых пакетах во временных хранилищах. Ожидаемый объем накопленных отходов составит порядка 16–22 млн кубометров (после сжигания растений и деревьев) [27].

Принятые японскими властями в острый период аварии допустимые уровни загрязнения продуктов питания по нескольким позициям оказались даже более жесткими, чем сегодняшние российские нормативы (табл. 7).

Еще один пример непродуманных решений связан с выбором японскими властями допустимого уровня загрязнения тритием морской воды, используемой для охлаждения аварийных реакторов. Сотни тысяч тонн ЖРО, очищаемые от шестидесяти с лишним видов радионуклидов, нельзя сливать в океан и приходится хранить в цистернах на площадке из-за сверхнормативного загрязнения тритием (~630 кБк/л при допустимом уровне 60 кБк/л).

Известно, что при уровнях загрязнения воды тритием ниже 37 000 кБк/л (1,0 мКи) ни у человека, ни у лабораторных животных негативные эффекты не выявлены. Это уровень был установлен контрольными органами Великобритании в качестве допустимо-

го для сбросов ЖРО завода Селлафилд в период его наиболее интенсивной деятельности в 1971–1987 гг. Такие сбросы, хотя и с меньшей интенсивностью, продолжают по настоящее время. При этом индивидуальная доза облучения для критических групп населения составляет порядка 0,004 мЗв/год [33].

В СССР в Нормах радиационной безопасности НРБ-76/87 допустимый уровень по тритию в питьевой воде составлял 150 кБк/л<sup>7</sup>. В Австралии норматив по тритию для питьевой воды составляет 76 кБк/л, в Финляндии — 30 кБк/л, рекомендуемый уровень ВОЗ — 10 кБк/л, в США — 0,74 кБк/л. Выбор японскими властями уровня 60 кБк/л для морской воды демонстрирует отсутствие каких-либо серьезных научных оснований в этом вопросе [34]. В то же время в префектуре Фукусима рыболовные хозяйства продекларировали, что никогда не согласятся на сброс загрязненной тритием воды в океан, поскольку это отпугнет покупателей и разрушит их бизнес. Выход из этого тупика японские власти пока не видят.

Итак, в Японии, как и в СССР, решения властей по выбору критериев вмешательства в диапазоне малых и сверхмалых доз по существу не имели научного обоснования и исходили из обостренного восприятия радиационной опасности не только населением, но и самими представителями власти. Эти решения привели к серьезным социальным и экономическим проблемам и многократно увеличили масштаб социально-экономических последствий аварии.

### **Актуальные задачи совершенствования системы радиационной защиты населения и территорий**

Чернобыльская авария повлияла на последующее развитие атомной энергетики во всех странах. Из нее был вынесен целый ряд уроков по совершенствованию конструкций реакторов, культуры безопасности, нормативных документов, обоснований безопасности и т.д.

На всех российских АЭС были проведены дополнительные исследования возможных аварийных ситуаций и путей их преодоления, проведена соответствующая модернизация систем безопасности. В результате предпринятых мер вероятность серьезных аварий на реакторах проекта РБМК уменьшилась примерно на два порядка. Блоки первого поколения были остановлены и начаты работы по выводу их из эксплуатации (Белоярская и Нововоронежская АЭС).

Произошли радикальные перемены в деятельности надзорных органов, были разработаны новые

<sup>7</sup> В настоящее время в НРБ-99/2009 уровень вмешательства (УВ) для трития составляет 2 кБк/л.

Таблица 7

#### **Допустимые уровни содержания <sup>137</sup>Cs в некоторых продуктах питания в России и Японии, 2012 (Бк/кг, Бк/л)**

| Продукт                | Россия | Япония |
|------------------------|--------|--------|
| Мясо и мясные продукты | 160    | 100    |
| Рыба и рыбные продукты | 130    | 100    |
| Молоко                 | 100    | 50     |

правила ядерной безопасности, которые, в частности, включали требование о создании систем управления запроектными авариями в качестве одного из барьеров глубокоэшелонированной защиты.

В наибольшей степени технические уроки ЧАЭС и Фукусимы были учтены в российских проектах АЭС третьего поколения: безопасность реакторов ВВЭР обеспечивается сочетанием пассивных и активных систем безопасности, резервированием оборудования и разделением систем безопасности. Например, в случае максимальной проектной аварии двухконтурные схемы воздушного охлаждения позволили увеличить время отвода тепла от реактора без участия персонала с 24 до 72 ч. В проектах третьего поколения предусмотрены также «ловушка расплава», двойная защитная оболочка из предварительно напряженного бетона, спринклерная система, «дожигатели» водорода<sup>8</sup>. Обеспечена низкая чувствительность к ошибкам персонала при управлении авариями; срок службы основного оборудования увеличен до 60 лет. В проекте учитывается комплекс «запроектных» аварий, включая различные экстремальные внешние воздействия, как по отдельности, так и в сочетании. Проводившиеся в 2012 г. стресс-тесты на устойчивость к внешним аномальным воздействиям и проверки противоаварийной готовности подтвердили соответствие российских АЭС современным требованиям безопасности.

Существенные изменения произошли также в системе подготовки и обучения эксплуатационного персонала АЭС. Важнейшей составляющей этой системы стало обучение на тренажерах. В отрасли создана мощная ведомственная система аварийного реагирования. В ее составе — группа ОПАС, аварийно-технические центры и 14 центров технической поддержки управленческих структур и операторов ядерных установок. В ситуационно-кризисном центре концерна Росэнергоатом в режиме он-лайн специалисты могут контролировать сотни параметров, важных для безопасности. Отраслевая система аварийного реагирования тренируется и тестируется каждый год по несколько раз, причем преимущественно на тяжелоаварийных сценариях.

В соответствии с концепцией глубокоэшелонированной защиты десятки миллиардов долларов США вкладываются в развитие технических систем безопасности и локализации тяжелых аварий на реакторных установках АЭС. Эти системы должны обеспечить надежность четырех барьеров безопасности [35]:

1. Предотвращение нарушений нормальной эксплуатации и отказов.

2. Контроль за нарушениями нормальной эксплуатации и обнаружение отказов.
3. Контроль аварий в пределах проектных основ.
4. Контроль тяжелых состояний станции, включая предотвращение развития аварии и смягчение последствий тяжелых аварий.

В то же время развитию пятого барьера безопасности — аварийного реагирования за пределами площадки — в мире, в т.ч. и в России, до сих пор уделяется недостаточно внимания. И это при том, что именно система радиационной защиты населения и территорий определяет общий масштаб последствий тяжелой аварии для общества, а механизмы масштабирования последствий понятны и управляемы.

В результате аварии на ЧАЭС были эвакуированы 116 тыс. человек, после Фукусимы — 170 тыс. человек. В то же время, по крайней мере 70 из 211 действующих в мире атомных станций расположены на более плотно заселенных территориях, чем АЭС Фукусима-1, т.е. в радиусе 30 км от этих 70 станций проживают более 172 тыс. человек; в т.ч. для 21 станции численность населения в 30-км зоне свыше 1 млн человек, для шести станций — свыше 3 млн человек [36].

Сложность задач, которые возникают при необходимости обеспечить эффективную защиту таких больших групп населения при радиоактивном выбросе, обусловлена в первую очередь их междисциплинарным, а значит, межведомственным характером. Некоторые экономически развитые ядерные страны, например, США и Франция, продвинулись в этом направлении больше других, но и у них система радиационного нормирования не свободна от серьезных внутренних противоречий.

Коротко рассмотрим основные вехи в пост-чернобыльском развитии системы радиационной защиты населения и территорий в России.

Задача создания единой государственной автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (АСКРО), действующей по всей стране, была поставлена на государственном уровне еще в 1987 г. Однако первая территориальная АСКРО была введена в эксплуатацию только через 20 лет в Мурманской области<sup>9</sup>. К настоящему времени в рамках федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 г. и на период до 2015 г.» территориальные АСКРО созданы еще в 28 субъектах Российской Федерации<sup>10</sup>. Эти мас-

<sup>9</sup> Проект по совершенствованию системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования в Мурманской области проводился с участием ИБРАЭ РАН в рамках Соглашения о многосторонней ядерно-экологической программе в Российской Федерации (МНЭПР).

<sup>10</sup> На середину 2015 г. в Российскую Федерацию входили 85 субъектов, включая Крымский регион.

<sup>8</sup> Вопросы водородной безопасности сохраняют свою актуальность при запроектной аварии.

штабные работы проводились совместными усилиями разных организаций, прежде всего ИБРАЭ РАН и НПО «Тайфун», по заказу МЧС России, Росатома и Росгидромета.

Функциональные подсистемы мониторинга и реагирования, входящие в состав Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), ориентированы на решение ведомственных задач. Координация принятия решений и управление реагированием на федеральном уровне осуществляет Правительственная комиссия. Например, после объявления японскими властями состояния ядерной аварии на АЭС Фукусима-1 по поручению Правительства РФ к анализу ситуации в Японии и прогнозированию радиационной обстановки на российской территории были подключены ГК «Росатом», МЧС России, Росгидромет и ИБРАЭ РАН. Специалисты ИБРАЭ РАН провели моделирование развития аварии отдельно на каждом из шести блоков АЭС Фукусима-1 и в бассейнах выдержки отработанного ядерного топлива и прогнозирование параметров радиационной обстановки с учетом параметров метеорологической и гидрологической обстановки. Расчеты выполнялись с использованием отечественного программного кода СОКРАТ, предназначенного для анализа аварий на АЭС и соответствующего по своим характеристикам лучшим мировым аналогам [37], программного комплекса прогнозирования радиационной обстановки НОСТРАДАМУС и др. программных средств. Оперативный вывод специалистов ИБРАЭ РАН об отсутствии радиационной опасности для российского Дальнего Востока даже при наихудшем сценарии развития аварии в Японии, правительство РФ получило уже на второй день аварии. Этот вывод стал основой при выработке мер реагирования РСЧС и был использован при информировании населения через СМИ [38].

Важно понимать, что в силу чрезвычайной редкости радиационных аварий специфика принятия решений по радиационной защите населения неизбежно оказывается на периферии внимания региональных властей. В случае реальной радиационной аварии власти оказываются в еще более сложной ситуации. Например, опыт участия ИБРАЭ РАН в принятии решений по мерам вмешательства после радиационной аварии в г. Электросталь в апреле 2013 г. [39] показал, что на практике принцип оптимизации радиационной защиты не понимается и не реализуется, а при выборе дозовых критериев и производных уровней вмешательства продолжает превалировать чрезмерно консервативный подход. В то же время оперативно подготовленные с участием специалистов ИБРАЭ РАН карты радиационной обстановки и детальные прогнозы радиологических последствий

реально помогли администрации г. Электросталь и руководству Московской области принять достаточно взвешенные решения, не вводить в городе необоснованный в данной ситуации режим ЧС и избежать тем самым дополнительных социально-экономических потерь.

В этой ситуации целесообразным представляется развитие государственной системы научно-технической поддержки принятия решений по радиационной защите населения и территорий. Такой подход реализован, например, в США и во Франции.

В США в случае радиационных аварий с угрозой для населения и территорий (реальной или воспринимаемой как реальная) необходимое содействие органам власти всех уровней, в т.ч. при выработке мер вмешательства, оказывает специальная экспертная организация под управлением Национальной администрации по ядерной безопасности (Департамент энергетики США). В задачу этой группы также входит организация взаимодействия федеральных агентств, государственных и местных органов власти на практическом уровне, в т.ч. в ходе совместных тренировок, учений, разработки и согласования аварийных планов [40].

Во Франции аналогичные задачи решает Технический центр аварийного реагирования при Институте ядерной безопасности и радиационной защиты (IRSN). Три с лишним сотни высококвалифицированных сотрудников Технического центра обеспечивают работу центра в режиме постоянной готовности. Междисциплинарный и межведомственный подход гарантируется статусом IRSN, который находится под юрисдикцией нескольких министерств (обороны, экологии, промышленности исследований и здравоохранения).

В заключение выскажем еще несколько соображений по проблеме оптимизации решений при выборе критериев вмешательства.

Развитие постиндустриального общества в наиболее развитых странах мира привело к тому, что управление рисками стало одной из наиболее приоритетных общественных задач. Поскольку оценка риска всегда имеет некоторую неопределенность, начиная с 1990-х гг. актуальность принципа предосторожности в отношении практик, способных нанести вред здоровью человека и природе, все шире признается в международной научно-технологической, экологической, биомедицинской, промышленной и торговой политиках. В 2000-е гг. принцип предосторожности декларируется в документах различных организаций ООН, и в 2005 г. ЮНЕСКО выпускает специальный доклад о принципе предосторожности, где подчеркивает, что главная цель внедрения принципа предосторожности — это «создание этической основы

для управления рисками и информирования общественности и политиков о возможных негативных эффектах появляющихся новых технологий» [41].

В международной системе радиационной защиты принцип предосторожности стал применяться как инструмент управления радиационным риском еще в конце 1970-х, когда МКРЗ официально приняла беспороговую концепцию в качестве основы радиационного нормирования (26 Публикация МКРЗ, 1977 г. [42]). Последовательное развитие этого принципа привело МКРЗ к тому, что в 2007 г. комиссия рекомендовала в качестве нижнего референтного уровня значение 1 мЗв/год вместо рекомендованного ранее (МКРЗ Публикация 82 и др.) нижнего значения уровня вмешательства 10 мЗв/год<sup>11</sup>.

В то же время в качестве центрального принципа системы радиационной защиты Комиссия еще в 1977 г. провозгласила принцип оптимизации, подчеркнув, что «оптимизация защиты не есть минимизация дозы» [43]. Принцип оптимизации, по мнению Комиссии, «должен равно применяться ко всем ситуациям облучения, включая ситуации аварийного облучения... Процесс оптимизации должен быть систематичным и тщательно структурированным, чтобы учесть все необходимые аспекты».

Следует отметить, что понимание важности гармонизации национальной нормативно-правовой базы в области радиационной безопасности и защиты на основе рекомендаций МКРЗ и МАГАТЭ для «исключения масштабирования ущерба от радиационных инцидентов и аварий с малыми и ничтожными радиологическими последствиями при безусловном обеспечении защиты человека и окружающей среды» отражено в протоколе заседания Межведомственной комиссии Совета Безопасности Российской Федерации по экологической безопасности от 24.03.2011. Реализация этой задачи по-прежнему остается актуальной.

Однако прошлый опыт показывает, что процесс принятия решений в ранний период тяжелой аварии на АЭС имеет существенные особенности по сравнению с другими ситуациями облучения. А именно, практически для всех участников процесса оптимизации характерно острое восприятие радиационной опасности. Исключение составляют специалисты в области радиационной защиты, но они, как правило, не могут четко декларировать отсутствие риска из-за провозглашенного МКРЗ этического принципа предосторожности. В этой ситуации на первый план закономерно выходит не принцип оптимизации, а этический принцип предосторожности. Поэтому в ситуации аварийного облучения нужна гораздо бо-

лее четкая проработка обоснований для выбора национальных дозовых критериев вмешательства, чем предлагаемый МКРЗ коридор 100–20–1 мЗв/год<sup>12</sup>.

Решение этого и других вопросов практической оптимизации требует «систематической целенаправленной работы на всех уровнях и во всех заинтересованных организациях, так же как и выделения средств и ресурсов для ее проведения» [43]. Для России наиболее эффективным форматом решения комплексных междисциплинарных и межведомственных задач такого рода является создание и развитие единой государственной системы научно-технической поддержки принятия решений по радиационной защите населения и территорий.

При соответствующем внимании и финансировании единая государственная система может обеспечить развитие и поддержание на должном уровне пятого барьера безопасности в системе глубоководной защиты, позволяющего исключить масштабирование ущерба от радиационных инцидентов и аварий.

### Выводы

1. Главной предпосылкой чернобыльской и фукусимской аварий стала завышенная оценка достигнутого уровня безопасности атомных станций в части возможности предотвращения и локализации тяжелых аварий.
2. В современных проектах российских АЭС третьего поколения существенно повышен уровень безопасности за счет разработки и создания новых активных и пассивных систем и систем локализации тяжелых аварий. Значительное развитие получила отраслевая система аварийного реагирования.
3. В 2008–2015 гг. в рамках реализации ФЦП по обеспечению ядерной и радиационной безопасности в 28 субъектах РФ созданы территориальные системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования. Получили развитие также ведомственные системы реагирования на радиационные аварии МЧС России, ФМБА, Минпромторга и Росгидромета.
4. В то же время развитию системы радиационной защиты населения и территорий до сих пор уделяется недостаточное внимание. Опыт прошлых аварий показывает, что недостаточное внимание к научно-техническим, нормативно-правовым и социально-психологическим проблемам, с которыми сталкиваются руководители федерального и

<sup>11</sup> При этом МКРЗ считает допустимой годовую дозу облучения за счет радона в помещениях на уровне 10 мЗв [43].

<sup>12</sup> При радиационной аварии в диапазоне 20–100 мЗв вмешательство признается целесообразным, при этом конечной целью управления радиационным риском является достижение уровня 1 мЗв/год [43].

регионального уровня при принятии решений по защите населения и территорий, в т.ч. при выборе дозовых критериев и производных уровней вмешательства, приводит к многократному масштабированию последствий радиационных аварий.

5. Сохраняющаяся уязвимость пятого уровня системы глубокоэшелонированной защиты АЭС ставит в число наиболее актуальных задач обеспечения эффективной защиты населения и территорий при радиационных авариях разработку системных требований к научно-технической поддержке и нормативно-правовой базе, не уступающих современным требованиям, предъявляемым к системам, важным для безопасности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Energy, electricity and nuclear power: developments over 25 years and future projections. — Vienna: IAEA. 2007. <http://www-pub.iaea.org>.
2. The Database on Nuclear Power Reactors. <https://www.iaea.org/pris>.
3. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2008. Scientific annex C. Exposures in accidents. — New York: United Nation. 2011. 44 pp. <http://www.unscear.org>.
4. World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements. <http://www.world-nuclear.org>.
5. Мелихова Е.М., Быркина Е.М., Першина Ю. А. О некоторых механизмах социального усиления риска для здоровья при освещении в СМИ аварии на АЭС Фукусима // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2013. Т. 58. № 4. С. 5—16.
6. Пресс-релиз МАГАТЭ, ВОЗ и ПРООН от 5 сентября 2005 г. «Чернобыль: истинные масштабы аварии». <http://www.who.int>.
7. Арутюнян Р., Линге И., Мелихова Е. Диалог с общественностью о безопасности атомной энергетики: уроки Чернобыля // Бюл. по атом. энергии. 2003. № 2. С. 54—58.
8. Линге И.И., Мелихова Е.М., Панфилов А.П. Последствия аварии на Чернобыльской АЭС по итогам работы Чернобыльского форума // Бюл. по атом. энергии. 2006. № 4. С. 24—29.
9. Константинов Ю.О. Чернобыльская авария: обоснование и реализация решений по защите населения // Радиационная гигиена. 2011, Т. 4. № 2. С. 59—67.
10. Доклад комиссии Госпроматомнадзора СССР «О причинах и обстоятельствах аварии на 4 блоке Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г.». 1991 г.
11. Гуськова А.К. Атомная отрасль страны глазами врача. — М.: Реальное Время. 2004. 204 с.
12. Ильин Л.А. Реалии и мифы Чернобыля. Изд. 2-е. — М.: ALARA Limited. 1996. 494 с.
13. Временные методические указания для разработки мероприятий по защите населения в случае аварии ядерных реакторов. Утв. Гл. сан. врачом СССР 18/7 1970 г. — М. 1971. 46 с.
14. Алексахин Р.М., Булдаков Л.А., Губанов В.А. и соавт. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры. Под общей ред. Л.А. Ильина и В.А. Губанова. — М.: ИздАт. 2001. 752 с.
15. Последствия облучения для здоровья человека в результате Чернобыльской аварии. Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации. Научное приложение D к Докладу НКДАР ООН 2008 г. Генеральной Ассамблеи ООН. — Нью-Йорк. 2012. <http://www.unscear.org>.
16. Герасимов Г.А., Фигге Д. Чернобыль: двадцать лет спустя // Клин. и эксперим. тиреоидология. 2006. Т. 2. № 2. С. 5—14.
17. Бархударов Р.М. Чернобыль: размышления о некоторых уроках аварии. — М.: ИБРАЭ РАН. 2009. 60 с.
18. Гуманитарные последствия аварии на Чернобыльской АЭС. Стратегия реабилитации. Отчет экспертной миссии по заказу ПРООН и ЮНИСЕФ при поддержке УКГД ООН и ВОЗ. — Нью-Йорк—Минск—Киев—Москва. 2002. <http://www.un.org>.
19. Романович И.К. Актуальные задачи радиационной гигиены в свете итогов ФЦП ЯРБ // В сб. «Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях: Сб. материалов юбилейной X Российской научной конференции, 22—25 сентября 2015 г., Москва, Обнинск». Под ред. Л.А. Большова. — М.: ООО «САМ Полиграфист». 2015. 144 с.
20. Hendry J.H., Simon S.L., Wojcik A. et al. Human exposure to high natural background radiation: what can it teach us about radiation risks? // J. Radiol. Prot.. 2009, V. 29, P. A29—A42. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4030667/pdf/nihms573062.pdf>
21. A. Abbot. Researchers pin down risks of low-dose radiation // Nature. 2015. № 523, P. 17—18.
22. Медицинские радиологические последствия Чернобыля: прогноз и фактические данные спустя 30 лет. Под общей ред. В.К. Иванова, А.Д. Каприна. — М.: ГЕОС. 2015. 450 с.
23. Мелихова Е.М., Панченко С.В., Абалкина И.Л. и соавт. Радиация. Экономика. Жизнь. Новый взгляд на юго-запад Брянской области. — М.: ИБРАЭ РАН. 2001. 24 с.
24. Израэль Ю.А. Радиоактивное загрязнение природных сред в результате аварии на Чернобыльской атомной станции. — М.: Комтехпринт. 2006. 28 с.
25. Liland A., Skuterud L. Lessons learned from the Chernobyl accident in Norway // Radioactivity in the Environment. 2013, V. 19, P. 159—176.
26. The National Diet of Japan. The Official report of the Fukushima Nuclear Accident Independent

- Investigation Commission. Executive summary. 2012. <https://www.nirs.org>.
27. The Fukushima Daiichi accident. Report by the Director General. IAEA. GC(59)/14. — Vienna: IAEA. 2015. 209 pp. <http://www-pub.iaea.org>.
28. UNSCEAR 2013. Report to the General Assembly. Scientific annex A. Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 Great East-Japan earthquake and tsunami. New York: United Nations. 2014, V.1. 311 pp.
29. Yasui S. Temporary Increase in the Emergency Exposure Dose Limit in Response to the TEPCO Fukushima Daiichi NPP Accident and its decision-making process // J. Occup. Environ. Hyg. 2015, V. 12. № 4, P. 35–42. <http://www.ne.jp/asahi/ocean/syasui/publications/250msv.pdf>
30. Арон Д.В., Арутюнян Р.В., Большов Л.А. и соавт. Анализ зависимости возможных социально-экономических последствий аварии на АЭС «Фукусима-1» от критериев вмешательства // В кн. «Труды ИБРАЭ РАН. Вып. 13: Авария на АЭС «Фукусима-1»: опыт реагирования и уроки. Науч. ред. Р.В. Арутюнян. — М.: Наука. 2013. 246 с.
31. Yokoyama S. How to face concerns of radiation effects. Fujita Health University. <http://www.meti.go.jp>.
32. Hasegawa A., Tanigawa K., Ohtsuru K. et al. From Hiroshima and Nagasaki to Fukushima. 2. Health effects of radiation and other health problems in the aftermath of nuclear accidents, with an emphasis on Fukushima // Lancet. 2015. V. 386. № 1, P. 479 – 488. <http://www.thelancet.com>.
33. Саркисов А.А., Высоцкий В.Л., Сивинцев Ю.В., Никитин В.С. Проблемы радиационной реабилитации арктических морей, способы и пути их решения // Арктика. Экология и экономика. 2011. № 1. С. 70–81. <http://en.ibrae.ac.ru>.
34. Leslie C.L. Background Information on Tritium. <http://www.hiroshimasymndrome.com>
35. Основные принципы безопасности атомных электростанций. 75-INSAG-3 Rev. 1. INSAG-12. Доклад Международной консультативной группы по ядерной безопасности. — Вена: МАГАТЭ 2015. <http://www-pub.iaea.org>.
36. Butler D. Reactors, residents and risk // Nature, published online 21 April 2011. <http://www.nature.com/news/2011/110421/full/472400a.html>
37. Долганов К.С., Капустин А.В., Киселев А.Е. и соавт. Результаты экспресс-расчетов тяжелой аварии на АЭС «Фукусима-1» при помощи кода СОКРАТ // В кн. «Труды ИБРАЭ РАН. Вып. 13: Авария на АЭС «Фукусима-1»: опыт реагирования и уроки. Науч. ред. Р.В. Арутюнян. — М.: Наука. 2013. 246 с.
38. Арутюнян Р.В., Большов Л.А., Павловский О.А. Актуальные задачи совершенствования готовности к реагированию на чрезвычайные ситуации радиационного характера // В кн. «Труды ИБРАЭ РАН. Вып. 13: Авария на АЭС «Фукусима-1»: опыт реагирования и уроки. Науч. ред. Р. В. Арутюнян. — М.: Наука. 2013. 246 с.
39. Арутюнян Р.В. Реагирование на радиационный инцидент на ОАО «Электростальский завод тяжелого машиностроения». Позитивные уроки. Презентация к докладу. <http://www.osatom.ru>.
40. Radiological Assistance Program. <http://www.nnsa.energy.gov>.
41. The Precautionary Principle. World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology (COMEST). — Paris: UNESCO. 2005. 56 pp. <http://unesdoc.unesco.org>.
42. ICRP, 1977. Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 26. Ann. ICRP 1 (3). <http://www.icrp.org>.
43. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ). Пер с англ. Под ред. М.Ф. Киселева и Н.К. Шандалы. — М.: ООО ПКФ «Алана». 2009. 344 с. <http://www.icrp.org>.
44. Comparing Nuclear Accident Risks with Those from Other Energy Sources. — Paris: OECD. 2010. NEA No. 6861. 52 pp. <http://www.oecd-nea.org>.
45. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2000. Scientific annex J. Exposures and effects of the Chernobyl accident. — New York: United Nation. 2001. P. 453–566. <http://www.unscear.org>.
46. Nuclear power reactors in the world. — Vienna: IAEA. 2015. IAEA-RDS-2/35. 85 pp. <http://www-pub.iaea.org>.
47. Большов Л.А., Арутюнян Р.В., Линге И.И. Чернобыльская катастрофа. Итоги и проблемы преодоления ее последствий в России. 1986–1999. — М.: ИБРАЭ РАН. 1999. 36 с. <http://ibrae.ac.ru>.
48. Арутюнян Р.В., Большов Л.А., Линге И.И., Воробьева Л.М. Экологическая безопасность производственной деятельности и риски в атомной отрасли // Росэнергоатом. 2006. № 4. С. 28–31.

Поступила: 15.03.2016

Принята к печати: 22.03.2016

**В.П. Крючков, Л.А. Ильин, О.А. Кочетков, А.Г. Цовьянов**

## **ДОЗЫ УЧАСТНИКОВ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

**V.P. Kryuchkov, L.A. Il'yin, O.A. Kochetkov, A.G. Tsovyanov**

### **Official and Real Doses of Participants of Elimination of Consequences of the Accident at the Chernobyl NPP**

РЕФЕРАТ

ABSTRACT

**Цель:** Провести сравнение «официальных» индивидуальных доз участников ликвидации последствий аварии (ЛПА) на Чернобыльской АЭС с реальными дозами ликвидаторов путем анализа индивидуальных доз на красный костный мозг, реконструированных методом RADRUE.

**Материал и методы:** Исследования были выполнены по значениям доз на красный костный мозг, реконструированным методом RADRUE и по информации из анкет ликвидаторов. Сравнивались дозовые распределения у военных ликвидаторов и профессионалов ядерной отрасли.

**Результаты:** Показан артефактный характер этих распределений для военных ликвидаторов. Метод RADRUE продемонстрировал свою дееспособность на двух выборках доз ликвидаторов, относительно которых существовала уверенность в их высокой достоверности: пациентов Клинической больницы № 6 и персонала УС-605, проживавшего в Обнинске после ЛПА на ЧАЭС. Реконструированные дозы оказались близкими к предсказанным в 1995 г. Л.А. Ильиным с соавт. В среднем они были ниже значений «официальных» доз, но доля превышений аварийного предела доз, равного 250 мГр в 1986 г., оказалась выше, чем для «официальных» доз, за счет более широкого распределения доз, оцененных по RADRUE.

**Выводы:** Сравнение «официальных» доз и доз, реконструированных методом RADRUE, показывает, что использование «официальных» доз, которые содержатся в национальных медико-дозиметрических регистрах, недостаточно корректно для эпидемиологических оценок. Метод RADRUE показал свою состоятельность в ретроспективной оценке доз ликвидаторов и верификации «официальных» доз, используя в международных эпидемиологических исследованиях уже в течение 16 лет.

**Ключевые слова:** метод RADRUE, ликвидаторы, дозиметрия, внешнее облучение, авария на Чернобыльской АЭС

**Purpose:** Identification and justification of the discrepancy between “official” individual doses and real doses of Chernobyl liquidators, by analyzing individual doses to the red bone marrow reconstructed by RADRUE method.

**Material and methods:** The study was carried out by analysis of the data for the dose to the red bone marrow, reconstructed by RADRUE and information from questionnaires of liquidators whose doses were reconstructed by this method. Dose distributions of military liquidators and professionals in the nuclear industry were compared.

**Results:** The artifact character of the distribution for military liquidators was shown. RADRUE method demonstrated its applicability on two samples of doses of the liquidators with high confidence in their reliability: patients of 6th clinical hospital and personnel of US-605, lived in Obninsk after liquidation of consequences of the accident at Chernobyl NPP. Reconstructed doses were close to those predicted in 1995 by L.A. Il'in et al. On average, they were lower than the values of the “official” doses, but the percentage of exceedance of emergency limit of the dose (250 mGy in 1986) was higher than for the “official” doses through wider distribution of doses measured by RADRUE.

**Conclusion:** The results of the comparison of official doses and doses, reconstructed by RADRUE method show the fallibility of the “official” doses contained in the National Medical and Dosimetric Registry. Revision of epidemiological assessments made on the basis of dosimetric data contained these registers is needed. RADRUE method showed its applicability in the retrospective assessment of doses of liquidators and in the verification of the “official” doses, and has been in use in the international epidemiological studies already for 16 years.

**Key words:** RADRUE method, liquidators, dosimetry, external irradiation, the accident at the Chernobyl NPP

## **Введение**

Около 240 тыс. человек (гражданских и военных), так называемых «ликвидаторов», было вовлечено в 1986–1987 гг. в работы внутри и около 30-км зоны вокруг Чернобыльской атомной станции. Эти ликвидаторы работали в разных подразделениях и выполняли различные по своему характеру работы. «Официальными» дозами принято называть те дозы ликвидаторов, которые содержатся в украинском, российском и белорусском государственных медико-дозиметрических регистрах (в настоящее время — Национальный радиационно-эпидемиологический регистр (НРЭР)). Индивидуальные дозы в эти реги-

стры были занесены в соответствии с записями в военных билетах ликвидаторов и различных справок о дозах, имевшихся у участников ЛПА на ЧАЭС на руках. Создатели регистров осознавали существенную неполноту исходных дозиметрических данных, неудовлетворительное качество информационного содержания и прилагали усилия для исправления ситуации [1].

В 1995 г. появилась работа Л.А. Ильина с соавт., в которой качество дозиметрического контроля впервые оценивалось дифференцированно для различных контингентов ликвидаторов [2]. В этой работе были сформулированы основные положения о результатах

дозиметрического контроля и предсказано другое, более широкое распределение индивидуальных доз участников ЛПА в 1986 г. по сравнению с распределением «официальных» доз.

Вот что говорит по этому поводу международный документ, который подвел итоги 20-летних исследований здоровья ликвидаторов и населения, подвергшихся воздействию ионизирующих излучений в результате аварии на ЧАЭС [3]: «Данные из национальных регистров не полны, они покрывают менее половины от общего числа аварийных рабочих и не включают информацию о типе работы, которую они выполняли и т.д. Дозы, которые записаны в национальных регистрах Белоруссии, России и Украины не достаточно хороши для аналитических эпидемиологических исследований, в которых индивидуальные дозы должны быть оценены. Для 10 % военных ликвидаторов дозы недостоверны. Для остальных военных ликвидаторов дозы систематически завышены в среднем в два раза. Данные из регистров должны быть поддержаны, используя другую информацию, и верифицированы другими методами. В настоящее время для дозовых оценок ликвидаторов лучшим методом является метод RADRUE. Этот метод применим для всех ликвидаторов и позволяет рассчитать дозы на отдельные органы, заболеваемость которых изучается...».

## Материал и методы

Метод RADRUE – это аналитический метод реконструкции доз ликвидаторов [4], разработанный в Институте биофизики (в настоящее время – ФГБУ ГНЦ Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России) совместно со специалистами Международного агентства по исследованию рака (IARC) Всемирной организации здравоохранения и Национального института рака (NCI) США. Самим же этим организациям метод реконструкции доз ликвидаторов потребовался для практической цели – дозиметрического обеспечения исследований по лейкозам и другим злокачественным заболеваниям крови. С 1995 по 2003 г. проводилось международное исследование среди ликвидаторов Белоруссии, России и стран Балтии (Литвы, Латвии и Эстонии) под эгидой IARC. Аналогичное исследование среди ликвидаторов Украины под эгидой NCI было начато в 2002 г. и продолжается до настоящего времени, теперь уже по раку щитовидной железы. В 2015 г. началась пилотная стадия проекта TRIOs, где исследуются отдаленные генетические эффекты у детей ликвидаторов аварии на ЧАЭС. В этом проекте используются также дозовые оценки, полученные методом RADRUE.

В методе RADRUE принципиальную роль играет классификация ликвидаторов по определенным контингентам (см. рис. 1). Каждый контингент ликвидаторов имел свои условия труда, систему организации радиационной защиты и, как следствие, характерный диапазон индивидуальных доз. Идея разделения ликвидаторов на несколько контингентов появляется еще в работе [2], а подробное описание контингентов содержится в работе [5]. Здесь мы только перечислим несколько основных контингентов участников ЛПА на ЧАЭС.

Прежде всего, это заболевшие острой лучевой болезнью (ОЛБ) и свидетели аварии. У этого контингента в силу сложившихся обстоятельств не было аварийного дозиметрического контроля. Их дозы могли быть только реконструированы (методом RADRUE) или ретроспективно восстановлены (методами биологической дозиметрии). Это и было сделано в Клинической больнице № 6, куда поступили после аварии больные ОЛБ и свидетели аварии, по нестабильным хромосомным aberrациям [6], а также методом RADRUE в ходе выполнения международных эпидемиологических проектов.

Одной из многочисленных групп ликвидаторов были военные ликвидаторы (см. рис. 1), включая кадровых военных и лиц, призванных из запаса, которые занимались либо техническим обеспечением работ (вертолеты и др.), либо выполняли работы по дезактивации зданий и территории ЧАЭС, населен-

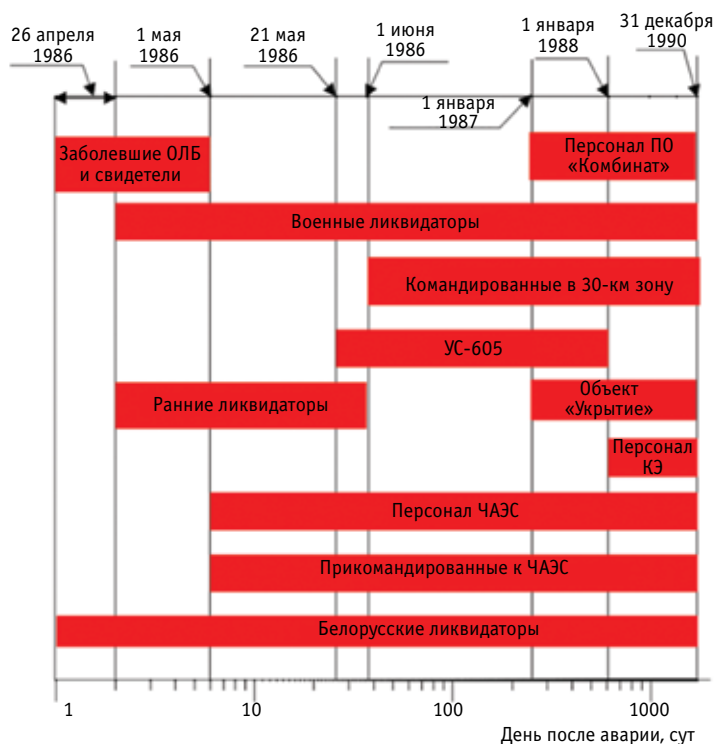


Рис. 1. Расположение контингентов ликвидаторов на временной шкале

ных пунктов, строительные работы. У военных ликвидаторов была своя служба дозиметрического мониторинга в каждом подразделении, который, как правило, был организован на низком уровне и приводил к большой систематической погрешности — в среднем дозы завышались, по разным оценкам, в 1,8–2,0 раза [2, 7]. Об индивидуальном дозиметрическом контроле (ИДК) военных ликвидаторов следует сказать особо. За исключением, в основном, тех случаев, когда работа военных ликвидаторов курировалась гражданскими дозиметристами, ИДК в воинских частях проводился расчетным или групповым методом, что приводило к большим погрешностям в результатах. Об этом свидетельствуют документы ВОЗ и МАГАТЭ [3, 8]. В первом случае дозовая нагрузка определялась путем учета  $\gamma$ -фона, умноженного на часы пребывания, во втором группа ликвидаторов, выполнявшая одинаковую работу, использовала единственный дозиметр, результат показания которого приписывался каждому члену группы.

К группе профессионалов атомной науки и техники относится персонал ЧАЭС и персонал других атомных станций, командированный на ЧАЭС, персонал УС-605 — организации, специально созданной для строительства «Саркофага» над четвертым блоком, а также научные сотрудники, командированные в эти организации. Эта категория ликвидаторов была обеспечена интегральными дозиметрами, и, при необходимости, оперативными дозиметрами для контроля доз за каждый день работы. Индивидуальная дозиметрия в этих контингентах была организована на должном уровне и соответствовала всем требованиям норм радиационной безопасности [10].

Дозовые распределения для разных контингентов ликвидаторов обладают в разной степени одной и той же особенностью. Эта особенность хорошо заметна в виде острых пиков на гистограммах дозовых распределений с малым шагом по дозе [5]. Такие гистограммы представлены на рис. 2 для персонала УС-605

и военных ликвидаторов в 1986 г. Как для военных ликвидаторов, так и для персонала УС-605 на гистограммах распределений отчетливо видны пики при некоторых дискретных значениях дозы. Для военных ликвидаторов эти пики сосредоточены, главным образом, в области больших доз, тогда как для персонала УС-605 при больших дозах пики вообще не наблюдаются. Для военных ликвидаторов среди пиков наиболее часто встречается значение дозы в 250 мЗв.

Опыт наблюдения за работой дозиметрических служб показал, что эти пики связаны либо с округлением измеренных значений доз вблизи порога чувствительности дозиметров, либо с приписыванием без измерения одинаковых значений доз группам ликвидаторов. Не существует никаких физических причин, благодаря которым одни значения доз должны встречаться во много раз чаще, чем другие, почти не отличающиеся от них, значения доз. В любом случае приходится признать артефактный характер этих пиков.

Неполнота и некорректность части дозиметрических данных из Государственных медико-дозиметрических регистров затрудняет использование «официальных» доз в эпидемиологических исследованиях ликвидаторов для количественной оценки риска, зависящего от дозы излучения. По мнению авторов работы [11], для субъектов эпидемиологического исследования необходима информация о поглощенных дозах в отдельных органах и тканях вместо эффективных доз, о поглощенных дозах за определенные промежутки времени вместо суммарных доз за весь период воздействия, а также о дозах индивидуальных, вместо средних, для каждой популяционной группы, и о возможно более точных дозах.

Столь высокие требования трудно реализовать физическими методами, особенно на ранних стадиях аварии, как это продемонстрировал чернобыльский опыт. Подобного рода трудности в осуществлении физической дозиметрии типичны для ситуаций не-

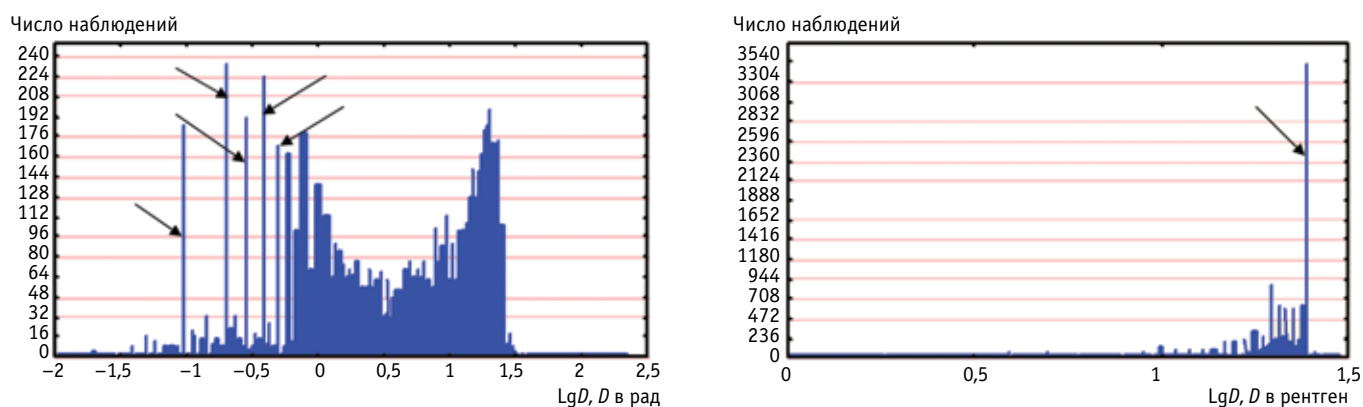


Рис. 2. Гистограмма распределения логарифмов доз для персонала УС-605 (слева) и для военных ликвидаторов (справа) в 1986 г. Стрелки указывают на пики

преднамеренного облучения. Это привело к изысканию альтернативных методов установления поглощенной дозы излучения, в частности, на основе биологических показателей (маркеров). Однако, несмотря на первоначальную привлекательность каждого из методов, попытки их использования в качестве маркеров индивидуальной дозы наталкиваются на ряд общих трудностей, к числу которых относятся высокий порог детектирования дозы (недостаточная чувствительность), неспецифичность к воздействию ионизирующего излучения (курение, алкоголь, лекарственные препараты) и высокий спонтанный уровень маркера. Как итог — методы биодозиметрии при существующем уровне их развития не позволяют реконструировать индивидуальные дозы ликвидаторов, если последние существенно ниже уровня клинически значимых доз.

Сказанное относится и к ЭПР-спектрометрии эмали зубов. Первоначально казавшийся идеальным метод реконструкции доз (отсутствие элиминации ЭПР-сигнала, линейный выход ЭПР-сигнала в широком диапазоне поглощенных доз) натолкнулся на ряд особенностей, затрудняющих его использование. Главными из этих особенностей являются большие фоновые облучения зубов и сильная энергетическая зависимость ЭПР-сигнала [12], а также технические трудности ее осуществления.

В 1995 г. появилась публикация, которая сыграла определяющую роль в решении проблемы соотношения «официальных» доз с реальностью. Речь идет об уже упомянутой во введении работе [2]. Значение этой работы заключается в том, что в ней впервые предложено всех ликвидаторов разделить на отдельные контингенты (исходный постулат метода RADRUE), были обобщенно сформулированы проблемы индивидуальной дозиметрии при ЛПА на ЧАЭС, описано качество ведения ИДК в различных контингентах ликвидаторов. Наконец, в этой работе было обосновано распределение «реальных» доз для ликвидаторов 1986 г., которое существенно отличалось от распределения «официальных доз». На рис. 3 воспроизведены гистограммы распределения «официальных» доз ликвидаторов 1986 г. из работы [2]. На том же рисунке представлено «реальное» распределение доз ликвидаторов, предсказанное в работе [2]. Из сравнения распределений, представленных на рис. 3, очевидны отличия распределения «официальных» доз от распределения, предсказанного в работе [2], а именно:

- распределение «официальных» доз существенно уже;
- средние значения доз для распределения «официальных» доз существенно выше, чем для распределения, предсказанного в работе [1];
- частота появления доз, превышающих значение предельно допустимой дозы (ПДД), в 1986 г. рав-

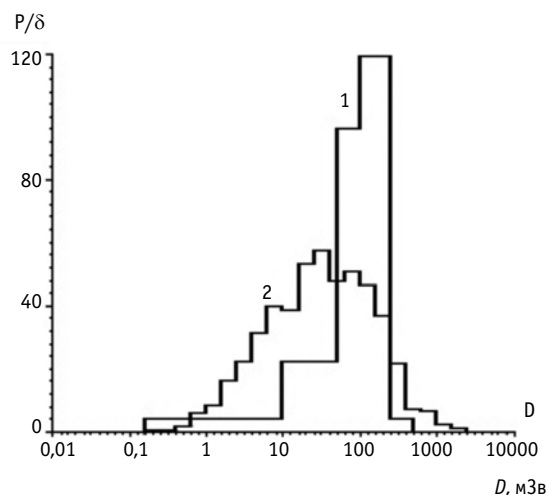


Рис. 3. Гистограмма распределения индивидуальных доз внешнего  $\gamma$ -излучения ликвидаторов в 1986 г. по данным российского регистра [11] (кривая 1) и по работе [1] (кривая 2), где  $P$  — количество ликвидаторов (%) в интервале доз  $\delta$

ное 250 мЗв, существенно ниже для «официального» распределения доз. Среди ликвидаторов 1986 г., около 7 % имеют реальные дозы внешнего  $\gamma$ -излучения, превышающие 250 мЗв.

Таким образом, данные по дозам из государственного регистра [13] находятся в противоречии с результатами работы [2].

После публикации этой работы развернулась острая дискуссия по дозиметрическим аспектам ЛПА на ЧАЭС [14, 15], которая, если рассматривать конструктивный аспект дискуссии, привела к пополнению регистров за счет базы данных Института биофизики качественными данными по дозам ликвидаторов — профессионалов атомной отрасли. Так же была сформирована группа ликвидаторов из Обнинска — бывших работников Управления строительства-605 (строители объекта «Укрытие»), в достоверности инструментальных доз которых, существовал консенсус среди ученых Института биофизики и Центра радиационной медицины в Обнинске. Эта группа вместе с группой больных ОЛБ, лечившихся в клинике Института биофизики на базе Клинической больницы № 6, дозы которых были определены по нестабильным хромосомным aberrациям [5], сыграли в дальнейшем важнейшую роль при верификации нового метода реконструкции доз RADRUE. Однако существенного улучшения в дозиметрической части регистра в целом не наступило.

Неудовлетворительное положение дел в дозиметрических разделах регистров явилось даже причиной появления в международных документах необоснованного утверждения о равенстве средних доз ликвидаторов, работавших в 1986 г. и в 1987 г. значению 100 мГр [8].

Таблица 1

**Распределение доз участников ЛПА в 1986 г. по данным медико-дозиметрического регистра [13], данным работы [2] и рассчитанным по RADRUE, мГр**

| Тип доз                | Источник доз                                         | <10 | 10–50 | 50–100 | 100–250 | 250–500 | >500 |
|------------------------|------------------------------------------------------|-----|-------|--------|---------|---------|------|
| «Официальные»          | Регистр (1986) [13]                                  | 7   | 16    | 29     | 47      | 1       | 0    |
| «Истинные»             | По работе [2]                                        | 27  | 34    | 15     | 17      | 5       | 2    |
| рассчитанные по RADRUE | Украина (1986) по 445 ликвидаторам                   | 42  | 23    | 9      | 13      | 9       | 4    |
|                        | Россия+страны Балтии (1986) по 254 ликвидаторам      | 9   | 33    | 18     | 27      | 12      | 1    |
|                        | Украина + Россия + страны Балтии по 699 ликвидаторам | 30  | 27    | 12     | 18      | 10      | 3    |

В 1995 г. можно было критиковать методы получения «официальных» доз, но распределение «реальных» доз в работе [2] было выведено из теоретических соображений.

Спустя двадцать с лишним лет ситуация коренным образом изменилась — в нашем распоряжении теперь есть массив индивидуальных доз, полученных методом RADRUE. Сравнению «официальных» доз с дозами по RADRUE посвящен следующий раздел статьи.

### Результаты и обсуждение

Метод RADRUE продемонстрировал свою способность на двух выборках доз ликвидаторов, относительно которых существовала уверенность в их высокой достоверности: пациентов Клинической больницы № 6 и персонала УС-605, проживавших в Обнинске после ЛПА на ЧАЭС [5]. Дозы, реконструированные методом RADRUE, оказались близкими к предсказанным в 1995 г. в работе [2]. В среднем они были ниже значений «официальных» доз, но доля превышений аварийного предела доз, равного 250 мГр в 1986г., оказалась выше, чем для «официальных» доз за счет более широкого распределения доз, оцененных по RADRUE.

Интерес представляет сравнение оценок доз на красный костный мозг (ККМ), полученных по методу RADRUE, с «официальными» значениями доз ликвидаторов, работавших в 1986 г. Это позволяет проверить предсказания, сделанные в работе [2], относительно истинного распределения доз ликвидаторов в 1986 г. В первой строке табл. 1 приведено распределение «официальных» доз ликвидаторов за 1986 г. из работы [13] по дозовым интервалам. В следующей строке той же таблицы представлено реальное распределение значений доз ликвидаторов, предсказанное в работе [2]. В той же таблице приведены распределения доз на ККМ у ликвидаторов 1986 г., рассчитанные по RADRUE. Это сделано отдельно для ликвидаторов Украины и России + страны Балтии и всех вместе в третьей, четвертой и пятой строках соответственно. В табл. 2 представлены средние значения доз и медианы распределений доз на ККМ,

распределений «официальных» доз для российского, украинского регистров [8, табл. 18] и по работе [2].

Как можно видеть из табл. 1 и 2, распределения доз на ККМ по RADRUE близки к распределению, предсказанному в работе [2] (рис. 3 в настоящей статье):

- распределения доз на ККМ по RADRUE шире, чем распределение «официальных» доз;
- средние значения доз на ККМ по RADRUE и распределения, предсказанного в работе [2], меньше, чем средние значения для распределения «официальных» доз;
- оба распределения доз (по RADRUE и по работе [2]) предсказывают большую частоту появления доз, превышающих значение ПДД в 1986г. (250 мГр), чем распределение «официальных» доз.

Справедливость первого вывода следует из сравнения соответствующих строк в табл. 1. Что касается второго и третьего выводов, то они вытекают из табл. 2. Причем, если взять за среднее «официальной» дозы по объединенной украино-российско-прибалтийской выборке значение, равное 175 мЗв, то отношение средних доз по работе [8, табл. 18] к средним дозам по RADRUE составит 0,595, что близко к величине 0,60 этого отношения, предсказанного в работе [2].

Таблица 2

**Параметры распределений индивидуальных доз участников ЛПА в 1986 г.**

| Категории ликвидаторов                 | Средняя доза за 1986 г., мЗв | Медиана за 1986 г., мЗв |
|----------------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Российский регистр [8, табл. 18]       | 169                          | 194                     |
| Украинский регистр [8, табл. 18]       | 185                          | 190                     |
| По работе [2]                          | 83                           | 30                      |
| Украинские ликвидаторы по RADRUE       | 93                           | 16                      |
| Россия+страны Балтии по RADRUE         | 124                          | 69                      |
| Украина+Россия+страны Балтии по RADRUE | 104                          | 45                      |

На рис. 4. представлены гистограммы распределений значений индивидуальных доз, рассчитанные по RADRUE, для украинских, белорусских, россий-

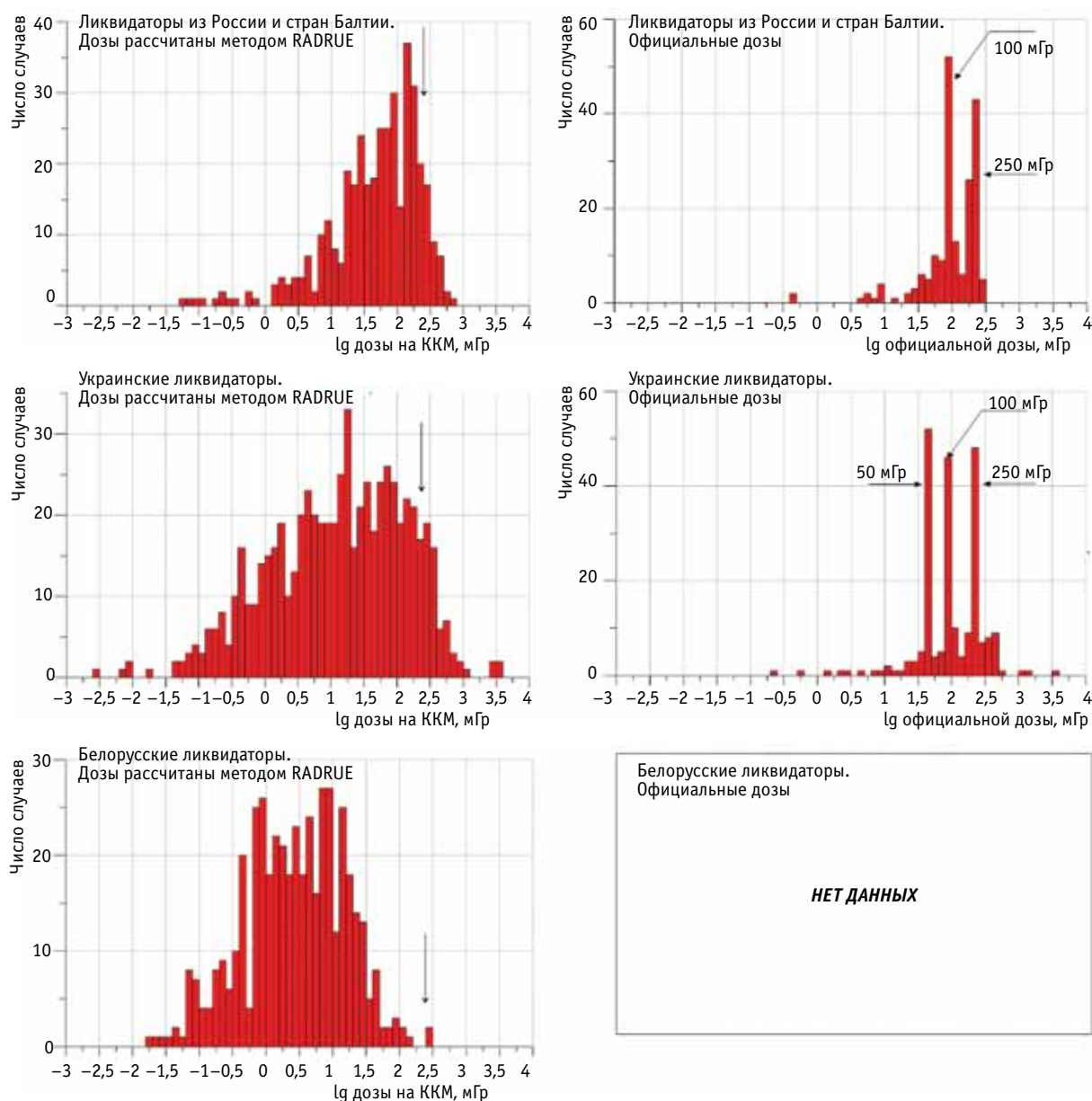


Рис. 4. Гистограммы распределений индивидуальных доз ликвидаторов: слева — рассчитанные методом RADRUE, справа — «официальные» дозы из анкет ликвидаторов

ских и прибалтийских ликвидаторов. Для сравнения на том же рисунке показаны справа распределения «официальных» доз, взятых из анкет ликвидаторов для украинских, российских и прибалтийских ликвидаторов. Для белорусских ликвидаторов — участников кейс-контрольного исследования «официальные» дозы практически не встречались в анкетах и соответствующая гистограмма не представлена.

Как уже подчеркивалось выше, распределение доз, рассчитанных по RADRUE, более размытое, чем распределение «официальных» доз. Кроме того, отчетливо видны три пика (250, 100 и 50 мГр) на распределении «официальных» доз украинских ликви-

даторов и два — 250 и 100 мГр на распределении для российско-прибалтийских ликвидаторов. Эта разница объясняется следующим образом. Исследование среди ликвидаторов из Белоруссии, России и стран Балтии относилось к ликвидаторам, которые участвовали в ЛПА только в 1986 и/или в 1987 гг., а появление пика при 50 мГр обусловлено снижением в 1988 г. ПДД для ликвидаторов до 50 мГр. Поэтому пика при 50 мГр нет на гистограмме распределений индивидуальных доз для белорусских, российских и прибалтийских ликвидаторов. Соответственно на гистограмме для украинских ликвидаторов этот пик присутствует, т.к. соответствующее эпидемиологи-

ческое исследование охватывало период с 1986 по 1990 гг. включительно.

На рис. 5 приведены диаграммы рассеяния доз на ККМ, рассчитанные методом RADRUE, относительно «официальных» доз из анкет ликвидаторов. Пунктирные линии соответствуют равенству «официальной» дозы и дозы, рассчитанной по RADRUE. Расхождение между «официальными» дозами и дозами по RADRUE для точек внутри полосы между двумя штриховыми линиями составляет менее десяти. Условно можно считать, что дозы внутри этой полосы неплохо согласуются друг с другом с учетом погрешности дозовой оценки по RADRUE ( $\beta_g = 2 - 4$ ), а точки на диаграммах рассеяния за пределами этой полосы свидетельствуют об относительно больших расхождениях в результатах двух дозовых оценок. Из рисунка видно, что наблюдаются два типа «больших» расхождений: «редкий», когда доза по RADRUE существенно больше, чем «официальная» доза, и «относительно частый», когда доза по RADRUE ниже, чем «официальная» доза. Первый тип расхождений встречался в исследовании в 20 раз реже, чем второй. А всего случаи больших расхождений между «официальной» дозой и оценкой дозы по RADRUE наблюдались в 17 %.

Анализ показал, что случаи, когда доза по RADRUE существенно превосходит «официальную», связан как правило с тем, что «официальная» доза описывает только часть выполненных ликвидатором работ [8]. Иными словами, «официальная» доза относится только к части выполненных ликвидатором работ по ЛПА.

Принципиально другая ситуация имеет место для группы ликвидаторов, у которых «официальная»

доза во много раз больше, чем доза, рассчитанная по RADRUE. В этом случае для украинских и для российских и прибалтийских ликвидаторов наблюдаются общие закономерности, в т.ч. [9]:

- большинство ликвидаторов из этой группы совсем не бывали ни в 4-км зоне, ни на промплощадке ЧАЭС, а, тем более, на крышах и в помещениях ЧАЭС;
- если отдельные ликвидаторы из этой группы и бывали на промплощадке, то это были эпизодические визиты в наиболее чистые места, например, АБК-1;
- ни один из ликвидаторов этой группы не направлялся на дозозатратные работы, такие как дезактивация, строительство или ремонт в зоне разрушений, радиационная разведка;
- как правило, это были «привилегированные» ликвидаторы: штабные работники, работники сферы снабжения, работники социальной сферы или, напротив, это были ликвидаторы, занимавшиеся тяжелой, грязной, непрестижной работой, никак, однако, не связанной с облучением.

Закономерности, очень похожие на перечисленные выше, рассматривались и ранее [2], но это были утверждения, основанные на собственном опыте авторов. Здесь же речь идет о результатах объективного анализа анкет ликвидаторов.

Информация, содержащаяся в анкетах, часто делает очевидной абсурдность «официальной» дозы ликвидатора. Ниже приводятся два примера, когда «официальная» доза многократно превосходит реальную дозу по RADRUE.

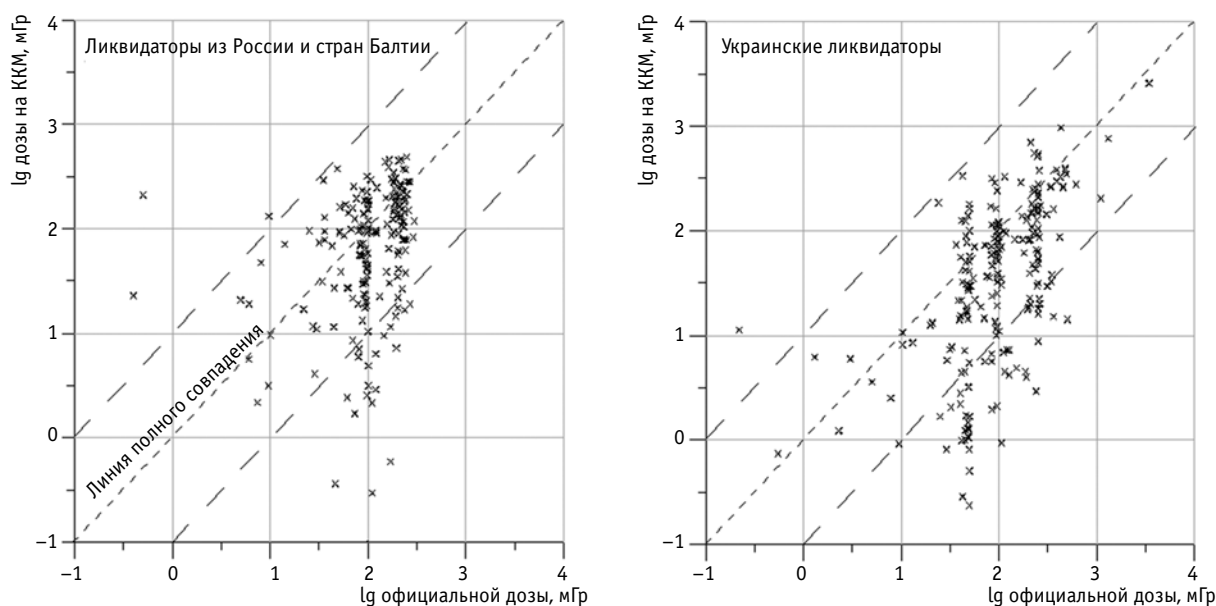


Рис. 5. Диаграмма рассеяния доз на ККМ по RADRUE относительно «официальных» доз

### **Пример №1 завышенной «официальной» дозы**

Военный ликвидатор (анкета №Q0132230) — начальник тылового обеспечения полка. Работал в период с 7 мая по 4 июня 1986 г. на промплощадке ЧАЭС и в 4-км зоне вокруг ЧАЭС не был. Занимался организацией перевозки грузов из речного порта Чернобыля.

Доза в военном билете 251 мГр. Доза на КKM, рассчитанная методом RADRUE, составила для данного военного ликвидатора 13,9 мГр, что примерно в 18 раз меньше, чем «официальная» доза.

### **Пример №2 завышенной «официальной» дозы**

Военный ликвидатор (анкета №Q0529400) — военнослужащий внутренних войск. Участвовал в ЛПА на ЧАЭС в период с 8 июня по 27 ноября 1986 г. Самое «грязное» место в радиационном отношении — Чернобыль, дежурство на перекрестке ул. Кирова — ул. Полупанова (основное место работы). Другие места работы: охрана периметра 30-км зоны, охрана трансформаторной подстанции в Чернобыле.

Запись в карточке учета доз свидетельствует, что этот военный ликвидатор получил дозу, равную 500 мГр. Доза на КKM, рассчитанная по методу RADRUE, составила 14,2 мГр при геометрическом стандартном отклонении равном 1,27, т.е. в 35 раз меньше, чем «официальная» доза.

Приведенные примеры убеждают читателя, что исходная информация, собранная компетентными интервьюерами об обстоятельствах работы ликвидатора, как правило, вполне достаточна для независимого (от «официальной» дозы) расчета дозы методом RADRUE. После этого сравнение дозы по RADRUE с «официальной» позволяет сделать вывод о достоверности последней. В случае их существенного несовпадения полезно вновь вернуться к первичным материалам — анкете ликвидатора. При этом, как правило, последние сомнения в нерелевантности «официальной» дозы исчезают.

У «официальных» доз военных ликвидаторов есть еще одна особенность, которую удалось выявить благодаря проведенной реконструкции доз методом RADRUE и которая представляется, по меньшей

Таблица 3

**Средние дозы ликвидаторов, работавших на промплощадке, крышах и главном здании ЧАЭС и работавших только в 4-, 30- и 70- км зонах вокруг ЧАЭС**

| Тип дозы                            | D, мГр, только в 4-, 30-, 70-км зонах | D, мГр, промплощадка, главное здание, крыши ЧАЭС |
|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|
| «Официальные» дозы                  | 99                                    | 125                                              |
| Дозы на КKM, рассчитанные по RADRUE | 16                                    | 80                                               |

мере, странной — официальные дозы военных ликвидаторов, работавших и не работавших на промплощадке (в главном здании, на крышах ЧАЭС) мало отличаются друг от друга, в отличие от доз, рассчитанных по RADRUE.

Из табл. 3 видно, что средние значения «официальных» доз отличаются для не работавших и работавших на промплощадке менее чем на 30 %, а по RADRUE — в пять раз. Как следует, например, из монографии [16], уровни мощности эквивалентной дозы на промплощадке (крышах, главном здании ЧАЭС) были на 2–5 порядков выше, чем в остальной 30-км зоне.

### **О предельной допустимой дозе облучения военных ликвидаторов**

Как известно [17], до 21 мая командование исходило в планировании работ военных ликвидаторов из предельно допустимой дозы в 500 мГр, а не 250 мГр, как во всех других контингентах ликвидаторов<sup>1</sup>. Начиная с 21 мая, приказом министра обороны СССР № 110 значение ПДД было приведено в соответствие с другими контингентами ликвидаторов и требованиями НРБ-76. Однако такое решительное изменение в ПДД никак не отразилось на временной зависимости средних «официальных» доз ликвидаторов. На рис. 6 показана зависимость средней дозы (скользящее среднее,  $n = 1001$ ) в зависимости от дня начала работ военных ликвидаторов (данные из УГМДР<sup>2</sup>). На том же рисунке изображена скачкообразная зависимость для военных ликвидаторов, описанная ранее в [9].

Сравнение этих двух зависимостей заставляет еще раз усомниться в достоверности «официальных» доз военных ликвидаторов, зафиксированных в мае 1986 г. Действительно, как видно на рис. 6, скачкообразное изменение ПДД в марте 1987 г. (с 250 до 100 мГр) и в начале 1988 г. (с 100 до 50 мГр) сопровождалось более плавным, но таким же значительным изменением средней дозы военных ликвидаторов. Поэтому трудно объяснимым выглядит отсутствие такого скачка в районе 21 мая 1986 г., когда ПДД военных ликвидаторов в соответствии с приказом министра обороны была понижена с 500 до 250 мГр (см. подробное описание вопроса в работе [17]). На рис. 6 пунктиром показана предполагаемая зависимость средней дозы в мае, которая должна была иметь место в реальности. Это предположение основано на двух наблюдаемых на рис. 6 уменьшениях средних

<sup>1</sup> Имеющиеся руководства по действию войск предписывали, что однократная доза в 50 Р, полученная в течение четырех суток, не приводит к лучевой болезни и выходу из строя [18, С. 556].

<sup>2</sup> Украинский государственный медико-дозиметрический регистр

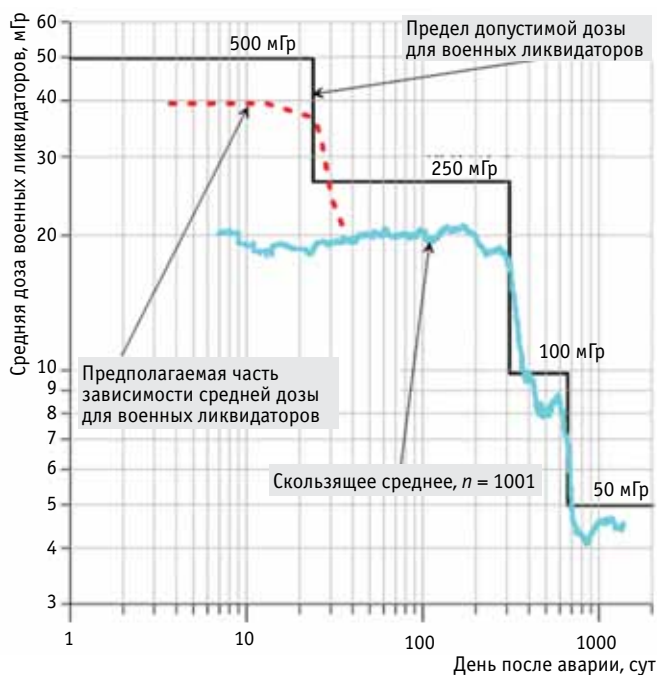


Рис. 6. Зависимость средней дозы военных ликвидаторов от дня начала работ по ЛПА и зависимость ПДД для военных ликвидаторов от дня после аварии

доз военных ликвидаторов, обусловленных уменьшением ПДД с 250 до 100 мГр и со 100 до 50 мГр в 1987 г. и в 1988 г. соответственно. Этот анализ позволяет предположить, что в реальности уровень ПДД, равный 500 мГр, в воинских частях не реализовывался.

Благодаря собранным в клинике ИБФ и в ОРВД-ЧАЭС первичным данным об обстоятельствах работы, а также применению метода RADRUE удалось восстановить дозы некоторых категорий лиц, подвергшихся воздействию радиации в первый день аварии (контингент свидетелей аварии). Все эти лица заведомо не имели индивидуальных дозиметров: работники расположенного рядом с четвертым энергоблоком кафе «Электроника» (300–400 м от четвертого блока ЧАЭС), которые провели там большую часть дня 26 апреля, охраняя материальные ценности; пассажиры поездов, проходивших со станции Янов в Чернигов и обратно на расстоянии 740 м; жители

Припяти, которых не эвакуировали 27 апреля 1986 г.; водители автобусов, вывозивших эвакуированных жителей.

Также по RADRUE была оценена доза жителей Припяти за время проживания и при эвакуации, а также доза, которую могли получить жители Припяти, если бы радиоактивный след после взрыва реактора четвертого блока прошел непосредственно через Припять, а не южнее города. Медианные и средние дозы, 90 %-перцентили и значения стандартного геометрического отклонения для этих групп лиц представлены в табл. 4.

### Заключение

Проблемы, с которыми столкнулись службы ИДК ликвидаторов, явились прямым следствием беспрецедентно большого объема работ, выполненных по ликвидации аварии и ее последствий.

Неполнота и недостоверность части дозиметрических данных из Государственных медико-дозиметрических регистров затрудняет использование «официальных» доз в эпидемиологических исследованиях ликвидаторов для количественной оценки риска, зависящего от дозы излучения. Для субъектов эпидемиологического исследования необходима информация о поглощенных дозах в отдельных органах и тканях вместо эффективных доз, о поглощенных дозах за определенные промежутки времени вместо суммарных доз за весь период воздействия, о дозах индивидуальных вместо средних для каждой популяционной группы.

Без метода RADRUE попытки реконструкции индивидуальных доз ликвидаторов методами биодозиметрии по состоянию развития этих методов на сегодняшний день не привели бы к конкретным результатам, а использование «официальных» доз в эпидемиологических исследованиях среди ликвидаторов могло бы по-прежнему оправдываться их безальтернативностью.

Метод RADRUE показал свою состоятельность в ретроспективной оценке доз ликвидаторов и в верификации «официальных» доз. Сам метод RADRUE

Таблица 4

#### Параметры распределения воздушной кермы для разных групп свидетелей аварии

| Категория свидетелей аварии          | Параметры распределения воздушной кермы |                            |                                  |         |
|--------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------|
|                                      | Медиана, Гр                             | Среднее арифметическое, Гр | Распределение 90%-перцентили, Гр | $\beta$ |
| Работник кафе «Электроника» (внутри) | 0,52                                    | 1,06                       | 2,3                              | 3,22    |
| Пассажиры поездов                    | 0,0031                                  | 0,0046                     | 0,0096                           | 2,34    |
| Неэвакуированные жители Припяти      | 0,36                                    | 0,62                       | 1,30                             | 2,70    |
| Водители автобусов                   | 0,098                                   | 0,28                       | 0,65                             | 4,25    |
| Эвакуация из Припяти                 | 0,0067                                  | 0,010                      | 0,021                            | 2,53    |
| Жители Припяти                       | 0,023                                   | 0,038                      | 0,078                            | 2,67    |
| Возможное облучение жителей Припяти  | 0,30                                    | 0,49                       | 1,00                             | 2,50    |

был верифицирован на двух выборках достоверных данных по дозам ликвидаторов — для пациентов Клинической больницы № 6 и группе ликвидаторов — сотрудников УС-605, которые проживали в Обнинске.

Таким образом, все сказанное в статье свидетельствует о том, что попытка изучения эпидемиологических последствий аварии на ЧАЭС среди ликвидаторов с использованием «официальных» доз ликвидаторов не является корректно поставленной задачей. Необходима ревизия научных результатов регистров в части их исследований с участниками ЛПА на ЧАЭС, основанная на привлечении дополнительной информации — анкет ликвидаторов, которые совместно с методом RADRUE позволят получить реалистичные оценки доз ликвидаторов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.К., Цыб А.Ф., Иванов С.И. Ликвидаторы чернобыльской катастрофы: радиационно-эпидемиологический анализ медицинских последствий. — М.: Галанис. 1999. 312 с.
2. Ильин Л.А., Крючков В.П., Осанов Д.П., Павлов Д.А. Уровни облучения участников ликвидации последствий Чернобыльской аварии в 1986–1987 гг. и верификация дозиметрических данных // Радиационная биология. Радиоэкология. 1995. Т. 35. № 6. С. 803–828.
3. Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmers. Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group “Health” (EGH). 2006.
4. Kryuchkov V., Chumak V., Maceika E. et al. RADRUE method for reconstruction of external photon doses for Chernobyl liquidators in epidemiological studies // Health Phys. 2009. V. 97. № 4. P. 275–298.
5. Крючков В.П., Кочетков О.А., Цовьянов А.Г. и соавт. Авария на ЧАЭС: дозы облучения участников ЛПА на ЧАЭС, аварийный контроль, ретроспективная оценка. — М. 2011 г.
6. Пяткин Е.К., Нугис В.Ю., Чирков А.А. Оценка поглощенной дозы по результатам цитогенетических исследований культур лимфоцитов у пострадавших при аварии на Чернобыльской АЭС // Мед. радиол. 1989. Т. 34. № 6. С. 51–57.
7. Chumak V.V., Krjuchkov V.P. Problem of verification of Chernobyl dosimetric registries. Pages I–545 to I–552 // Technologies for the New Century. Proc. 1998 ANS Radiation Protection and Shielding Topical Conference. April 19–23. 1998. Amer. Nucl. Soc., La Grange Park. Illinois. 1998.
8. UNSCEAR Report to the General Assembly. Annex J: Exposures and effects of the Chernobyl accident. UN. New York. 2000.
9. Крючков В.П., Кочетков О.А., Цовьянов А.Г. Радиационно-дозиметрические аспекты ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Под ред. В.Г. Асмолова, О.А. Кочеткова. — М.: ИздАт. 2011 г.
10. Нормы радиационной безопасности НРБ-76. — М.: Атомиздат. 1978.
11. Bouville A., Anspaugh L., Beebe G.W. What is desirable and feasible in dose reconstruction for application in epidemiological studies // In: “The radiobiological consequences on the Chernobyl accident.” Proc. of the first Internat. Conf. Minsk. Belarus. 18–22 March 1996. Brussels–Luxembourg. 1996. P. 995–1002.
12. Mohandas Bhat. Electronic paramagnetic resonance (EPR) tooth dosimetry, a tool for validation of retrospective doses: an end-user perspective. 6th Internat. Sym. on ESR Dosimetry and Applications. Campos do Jordao. Sao Paulo. Brazil. 12–16 October 2003.
13. Цыб А.Ф., Иванов В.К., Айрапетов С.А. и соавт. // Бюлл. «Радиация и риск» Российского государственного медико-дозиметрического регистра. Вып. 2. 1992.
14. Питкевич В.А., Иванов В.К., Чекин С.Ю., Цыб А.Ф. К вопросу о лучевых нагрузках на участников ЛПА на ЧАЭС, занесенных в Российский Государственный медико-дозиметрический регистр // Радиационная биология. Радиоэкология. Т. 36. Вып. 5. С. 747–757. 1996 г.
15. Ильин Л.А., Крючков В.П., Осанов Д.П., Павлов Д.А. Ответ на письмо в редакцию В.А. Питкевича, В.К. Иванова, С.Ю. Чекина, А.Ф. Цыба «К вопросу о лучевых нагрузках на участников ЛПА на ЧАЭС, занесенных в Российский Государственный медико-дозиметрический регистр» // Радиационная биология. Радиоэкология. Т. 38. Вып. 1. С. 126–133. 1998 г.
16. Ильин Л.А. Реалии и мифы Чернобыля. Изд. 2-е. — М.: ALARA Limited. 1996. 494 с.
17. Чвырев В.Г., Колобов В.И. Организация санитарно-гигиенических мероприятий в войсках при ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы в 1986 // Военно-мед. журнал. 1996. Т. 317. № 4. С. 4–7.
18. Чернобыль: катастрофа, подвиг, уроки и выводы. — М.: Интер-Весы. 1996.

Поступила: 09.03.2016

Принята к публикации: 22.03.2016

**А.Р. Туков, И.Л. Шафранский, А.П. Бирюков, О.Н. Прохорова**  
**ОТРАСЛЕВОЙ РЕГИСТР ЛИЦ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ**  
**РАДИАЦИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

**A.R. Tukov, I.L. Shafransky, A.P. Birukov, O.N. Prokhorova**  
**Industry Register of Persons Exposed to Radiation as a Result**  
**of the Chernobyl Accident**

РЕФЕРАТ

**Цель:** Оценка здоровья ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Оценка дополнительного риска заболевания злокачественными новообразованиями при использовании различных видов воздействия ионизирующих излучений на человека.

**Материал и методы:** Исследование проведено с использованием информационной базы данных работников предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом», принимавших участие в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Для расчета риска использованы дозы профессионального облучения и дозы, полученные при работе в 30-км зоне ЧАЭС.

**Результаты:** Показана особенность динамики заболеваемости ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, а также показано, что использование в расчете дополнительного риска развития злокачественных новообразований у ликвидаторов только так называемой «чернобыльской» дозы приводит к получению некорректных результатов.

**Заключение:** Особенности динамики заболеваемости указанного специфического контингента предполагают особое внимание при их трактовке и разработке профилактических мероприятий. Только использование суммарной дозы ионизирующего излучения может привести к получению корректных результатов оценки риска возникновения радиационно-индуцированных заболеваний.

**Ключевые слова:** *регистр ликвидаторов, авария на Чернобыльской АЭС, риск рака, дозы различных видов облучения, суммарная доза*

ABSTRACT

**Purpose:** Estimation of health liquidators of the Chernobyl accident. Estimation of risk of malignant tumors at doses of different types of ionizing radiation on humans.

**Material and methods:** The study was conducted with the use of a database of information of employees of enterprises and organizations GK "Rosatom". For the calculation of risk was used professional exposure and doses which were received during 30 km zone.

**Results:** It shows a feature of the dynamics of morbidity of liquidators of the Chernobyl accident, as a "closed population". It is shown in a study that the use of one of their parts of the total radiation dose of man, leads to obtaining of different levels of the risk of disease by cancer.

**Conclusion:** Feature incidence dynamics in the "closed" population must be considered in its interpretation and the development of preventive measures. Only the use of a total radiation dose can lead to obtaining of the correct results of evaluating the risk of the appearance of the radiation-induced diseases.

**Key words:** *the register of the liquidators, the Chernobyl accident, risk of cancer, doses of different types of radiation, the total dose*

**Введение**

Основным регистром длительного наблюдения за большой когортой лиц, подвергшихся острому облучению, является японский (пожизненного наблюдения за жертвами атомных бомбардировок в Хиросиме и Нагасаки) [1–3]. Результаты исследований, проводимых на базе этого регистра, лежат в основе разработки рекомендаций по радиационной безопасности. За многие годы, прошедшие после бомбардировок этих двух городов, разработано большое число медико-дозиметрических регистров, результаты работы которых расширяют наши знания в области оценки риска возникновения радиационно-индуцированных заболеваний. [4–10].

30 лет назад, 26 апреля 1986 г., на четвертом энергоблоке Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) произошла крупнейшая в истории миро-

вой атомной энергетики авария. Согласно приказу Минздрава СССР от 7 мая 1987 г. № 640-ДСП «О дополнительных мерах и организации работы по завершению составления Всесоюзного распределенного регистра на лиц, подвергшихся воздействию радиации в связи с аварией на Чернобыльской АЭС» и приказу Третьего главного управления при Минздраве СССР от 24.06.1987 г. № 32-1593 ДСП «О дополнительных мерах по созданию Общеглазовского регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на ЧАЭС» на базе Института биофизики (теперь ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России) с 01.12.1987 г. введен в эксплуатацию регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Основную численность лиц, состоящих в регистре, составляют работники предприятий и организаций атомной промышленности России.

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва. E-mail: atukov40@mail.ru

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of FMBA, Moscow, Russia. E-mail: atukov40@mail.ru

## Материал и методы

Отраслевой регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на Чернобыльской АЭС (далее – регистр), функционирует в ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России с 1987 г. В начале работы в его информационной базе находилась информация о более 50 тыс. человек. После распада СССР в базе данных регистра в нем осталась информация о 25894 человек.

Структура контингента регистра по группам первичного учета представлена в табл. 1. Наибольший удельный вес в структуре составляют ликвидаторы последствий аварии на ЧАЭС – 83,1 %.

К 2014 г. было из-под наблюдения регистра (все группы учета) более 10 301 человек (39,8 %), в т.ч. 4036 умерших (39,2 %) (табл. 2). Первое место в структуре причин смерти занимают болезни органов кровообращения (46,3 %), второе – злокачественные новообразования (20,6 %), третье – травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин (17,1 %).

Структура контингента регистра по группам инвалидности представлена в табл. 3. Первое место (54,8 %) занимает 2-я группа инвалидности, что говорит о недостаточно высоком качестве экспертизы стойкой нетрудоспособности, когда работники выходят сразу на вторую группу, минуя третью.

Научные исследования проводятся на информационной базе данных регистра, в которой за 1987–2013 гг. наблюдения накоплено 402287 человеко-лет наблюдения, из них мужчины – 342636 (85,2 %), женщины – 59651 (14,8 %). Соотношение человеко-лет наблюдения мужчины/женщины за годы работы регистра изменялось незначительно.

При анализе динамики заболеваемости по классам болезней ликвидаторов за 1987–2013 гг. впервые показана особенность этого процесса для «закрытой» популяции. Несмотря на постарение когорты, часть заболеваемости после начального роста имеет тенденцию к снижению (болезни эндокринной системы, психические расстройства и расстройства поведения, болезни нервной системы, болезни органов

дыхания, пищеварения, травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин). Эта ситуация связана с тем, что заболеваемость перечисленными болезнями не определяется постарением когорты. Другая же часть болезней связана с постарением человека, и динамика заболеваемости ими имеет постоянный положительный тренд (злокачественные новообразования, болезни глаза и его придаточного аппарата, болезни системы кровообращения и мочеполовой системы). Это положение необходимо учитывать при последующей трактовке динамики заболеваемости ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС и разработке мероприятий по медико-социальной реабилитации этого контингента.

Анализ динамики заболеваемости ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС проведен по трехгодичным циклам наблюдения:

- цикл 1: 1987–1989 гг.;
- цикл 2: 1990–1992 гг.;
- цикл 3: 1993–1995 г.;
- цикл 4: 1996–1998 гг.;
- цикл 5: 1999–2001 гг.;
- цикл 6: 2002–2004 гг.;
- цикл 7: 2005–2007 гг.;
- цикл 8: 2008–2010 гг.;
- цикл 9: 2011–2013 гг.

Примеры различной динамики заболеваемости представлены на рис. 1, 2, 3 (грубые показатели).

Интересно распределение заболеваемости ликвидаторов злокачественными новообразованиями и населения России по возрастным группам и их соотношение (табл. 4). Если в возрастной группе 18–29 лет у мужчин мы видим небольшое превышение заболеваемости у ликвидаторов по сравнению с населением РФ, то в последующих группах заболеваемость населения РФ выше, чем ликвидаторов. Это положение, видимо, можно объяснить лучшим отбором лиц, командируемых на работы в 30-км зоне ЧАЭС в системе учреждений здравоохранения ФМБА России и их лучшим диспансерным обслуживанием. Последние положения подтверждаются низким уровнем смертности этого контингента в первые циклы исследования (табл. 5).

Таблица 1

### Распределение контингента регистра по группам первичного учета (2014 г.)

| Контингент                   | Число лиц | Доля, % |
|------------------------------|-----------|---------|
| БД регистра всего            | 25894     | 100,0   |
| в т.ч.:                      |           |         |
| ликвидаторы                  | 21506     | 83,1    |
| эвакуированные               | 1027      | 4,0     |
| отселенные                   | 552       | 2,1     |
| дети ликвидаторов            | 2770      | 10,7    |
| внуки, правнуки ликвидаторов | 39        | 0,2     |

Таблица 2

### Распределение лиц, выбывших из-под наблюдения регистра по группам причин смерти (на 2014 г.)

| Контингент                      | Число лиц | Доля, % |
|---------------------------------|-----------|---------|
| Умерло                          | 4036      | 100,0   |
| из них от:                      |           |         |
| злокачественных новообразований | 830       | 20,6    |
| болезней органов кровообращения | 1868      | 46,3    |
| травм и отравлений              | 691       | 17,1    |
| прочих причин                   | 647       | 16,0    |

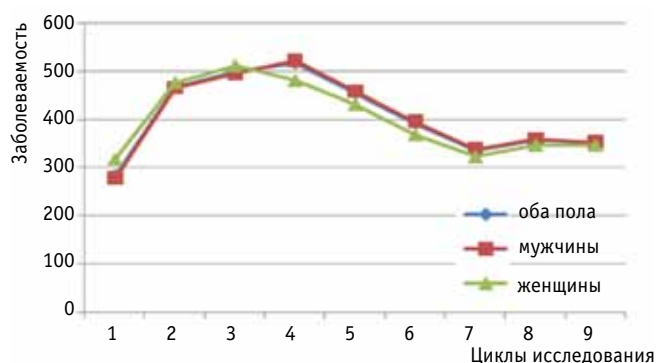


Рис. 1. Динамика заболеваемости всеми болезнями (A00–T99.9) ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, мужчин и женщин, по циклам исследования (на 1 тыс. чел.)

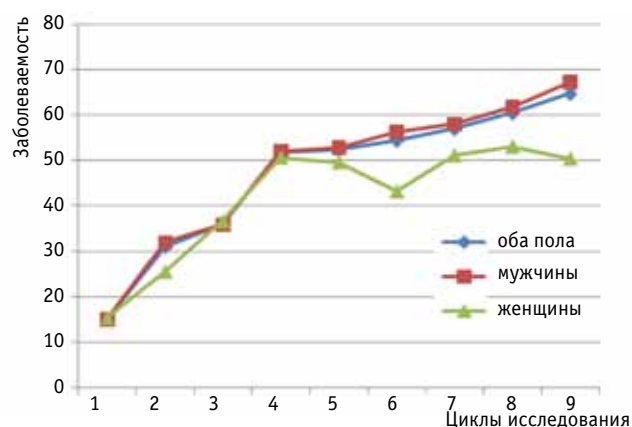


Рис. 2. Динамика заболеваемости болезнями системы кровообращения (I00–I99.9) ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, мужчин и женщин, по циклам исследования (на 1 тыс. чел.)

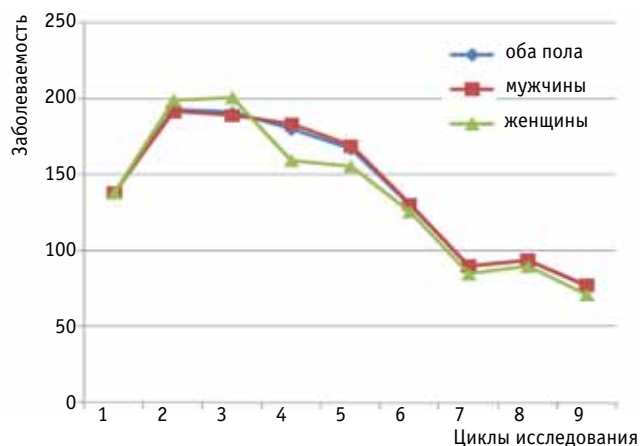


Рис. 3. Динамика заболеваемости болезнями органов дыхания (J00–J99.9) ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, мужчин и женщин, по циклам исследования (на 1 тыс. чел.)

Второе направление использования информационной базы регистра — это оценка риска возникновения радиационно-обусловленных заболеваний.

Таблица 3

**Распределение контингента регистра по группам инвалидности (2014 г.)**

| Контингент                    | Число лиц | Доля, % |
|-------------------------------|-----------|---------|
| Состоит на инвалидности всего | 1488      | 100,0   |
| в т.ч.:                       |           |         |
| 1 группа инвалидности         | 105       | 7,0     |
| 2 группа инвалидности         | 815       | 54,8    |
| 3 группа инвалидности         | 568       | 38,2    |

Таблица 4

**Заболеваемость ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС злокачественными новообразованиями (C00–C97.9) за 1989–2009 гг. и населения России в 2007 г. по возрастным группам (на 100 000) и их соотношение**

| Возрастная группа | Заболеваемость по возрастным группам |        |        |         |        |        |
|-------------------|--------------------------------------|--------|--------|---------|--------|--------|
|                   | Мужчины                              |        |        | Женщины |        |        |
|                   | ОРЧ                                  | РФ     | РФ/ОРЧ | ОРЧ     | РФ     | РФ/ОРЧ |
| 18–29 лет         | 58,9                                 | 55,1   | 0,94   | 0       | 26,1   | –      |
| 30–39 лет         | 59,3                                 | 58,2   | 0,98   | 93,8    | 99,6   | 1,06   |
| 40–49 лет         | 168,4                                | 171,2  | 1,02   | 260     | 257,6  | 0,99   |
| 50–59 лет         | 486,2                                | 629,5  | 1,29   | 432,2   | 524,2  | 1,21   |
| 60–69 лет         | 974,2                                | 1415,5 | 1,45   | 609,8   | 831,7  | 1,36   |
| 70 лет и старше   | 1631,2                               | 2113,8 | 1,30   | 1122,4  | 1057,1 | 0,94   |

Таблица 5

**Смертность мужчин-ликвидаторов аварии 1986–1987 гг. (10713 чел.) по возрастным группам и периодам наблюдения (от всех причин)**

| Возрастные группы | Циклы исследования (годы) |            |            |            |
|-------------------|---------------------------|------------|------------|------------|
|                   | 1990–1992                 | 1993–1995  | 1996–1998  | 1999–2001  |
| Все               | 3,4 ± 0,3                 | 7,5 ± 0,4  | 9,2 ± 0,5  | 12,7 ± 0,6 |
| в т.ч.:           |                           |            |            |            |
| 18–29 лет         | 1,3 ± 0,6                 | –          | –          | –          |
| 30–39 лет         | 1,5 ± 0,3                 | 3,3 ± 0,5  | 3,9 ± 0,7  | 5,0 ± 1,1  |
| 40–49 лет         | 4,4 ± 0,6                 | 7,4 ± 0,7  | 5,6 ± 0,6  | 8,8 ± 0,8  |
| 50–59 лет         | 5,8 ± 0,9                 | 13,6 ± 1,4 | 14,3 ± 1,4 | 13,6 ± 1,3 |
| 60–69 лет         | 11,4 ± 2,8                | 17,4 ± 2,8 | 24,5 ± 2,7 | 24,6 ± 2,3 |

В исследовании оценки риска возникновения злокачественных новообразований у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС были использованы персональные эффективные дозы двух видов источников облучения:

- дозы внешнего облучения, полученные ликвидаторами последствий аварии на ЧАЭС при работе в 30-км зоне;
- дозы внешнего профессионального облучения работников основного производства — лиц, состоящих (состоявших) на индивидуальном дозиметрическом контроле (ИДК), участвовавших в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС.

Дозы профессионального облучения были представлены из ОАО «Концерн Росэнергоатом» при участии ФМБА России. В разработку включены данные о дозах профессионального облучения работников Балаковской, Белоярской, Билибинской, Калининской, Кольской, Курской, Ленинградской, Нововоронежской, Ростовской и Смоленской АЭС. Кроме того, были собраны данные о дозах профессионального облучения работников других предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом», на которых работают (работали) ликвидаторы последствий аварии на ЧАЭС.

Дозы профессионального облучения были представлены по годам работы с радиоактивными веществами и ИИИ от начала работы на предприятиях и организациях Госкорпорации «Росатом» по 2011 г. Рассчитаны кумулятивные дозы, которые были привязаны к участникам ликвидации аварии, включенных в регистр. Для работы была сформирована база данных с дозами облучения и заболеваниями солидными раками.

Всего в работу включена информация о 12698 ликвидаторах последствий аварии на ЧАЭС, мужчинах, имеющих данные о дозах, полученных во время работы в 30-км зоне. Дозы профессионального облучения удалось собрать у 1333 человек (9,9 %).

Данные о дозах внешнего облучения ликвидаторов различных годов пребывания в 30-км зоне представлены в табл. 6.

Средний возраст в 2013 г. составил у мужчин  $61,5 \pm 0,1$  года.

В табл. 7 представлены некоторые характеристики обобщенной базы данных по пяти дозовым группам. Группы формировались из расчета примерно равного количества лиц и с учетом полученных доз облучения.

На рис. 4 представлена структура дозовых нагрузок от внешнего облучения работников предприятий и организаций, участвовавших в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. Доля доз до 10 мЗв составляет 52 % в структуре доз внешнего облучения, полученных ликвидаторами последствий аварии на ЧАЭС, и 11 % дозы свыше 50 мЗв.

В структуре суммарных доз, полученных ликвидаторами последствий аварии на ЧАЭС при работе в 30-км зоне и в процессе профессиональной деятель-

Таблица 6

**Обеспеченность ликвидаторов последствий аварии данными о дозах внешнего облучения, полученных при работе в 30-км зоне**

| Годы въезда | Количество ликвидаторов | Из них есть данные по дозе |      | Среднее значение, мЗв |
|-------------|-------------------------|----------------------------|------|-----------------------|
|             |                         | число лиц                  | %    |                       |
| 1986–1990   | 20678                   | 12698                      | 61,4 | 23,0                  |
| 1986        | 12122                   | 7338                       | 60,5 | 68,5                  |
| 1987        | 5530                    | 3371                       | 61,0 | 29,0                  |
| 1988        | 1950                    | 1304                       | 66,9 | 23,7                  |
| 1989        | 834                     | 584                        | 70,0 | 14,4                  |
| 1990        | 242                     | 101                        | 41,7 | 12,7                  |

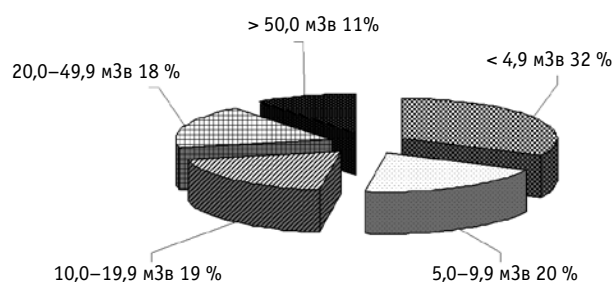


Рис. 4. Структура доз внешнего облучения ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, полученных при работе в 30-км зоне (мужчины)

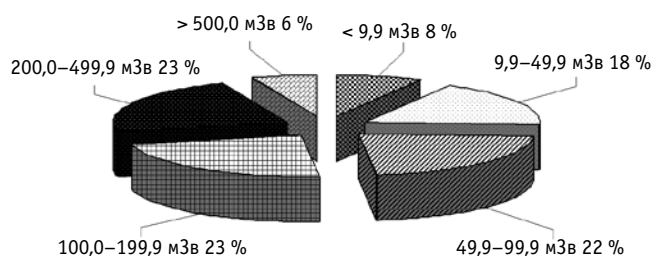


Рис. 5. Структура суммарных доз внешнего облучения ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, полученных при профессиональной работе и работе в 30-км зоне (мужчины)

ности, 48 % составляют дозы до 100 мЗв, 6 % ликвидаторов имеют дозы, превышающие 500 мЗв (рис. 5).

Для оценок риска по группированным данным, объединенным в возрастные, дозовые и другие группы, использован пакет прикладных статистических программ EPICURE (модуль AMFIT), широко при-

Таблица 7

**Характеристика базы данных ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС (дозы ЧАЭС, профессиональные дозы)**

| Дозовая группа (ЧАЭС) | Число ликвидаторов | Средняя доза, мЗв | Дозовая группа (проф) | Число ликвидаторов | Средняя доза, мЗв |
|-----------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|
| 0,1–4,9               | 2929               | 2,2               | 0,1–5,9               | 2983               | 2,6               |
| 5,0–12,9              | 2270               | 8,0               | 6,0–16,7              | 2248               | 10,3              |
| 13,0–35,1             | 2497               | 21,7              | 17,0–48,8             | 2478               | 30,5              |
| 36,0–98,8             | 2509               | 62,3              | 49,0–120,5            | 2485               | 80,4              |
| 99,0–1478,5           | 2493               | 180,4             | 121–1985,6            | 2504               | 229,1             |

Таблица 8

**Стратифицированные показатели ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, мужчин – работников предприятий и организаций ГК «Росатом» (по дозам ЧАЭС), относительный риск**

| Дозовая группа | Доза (минимум – максимум, мЗв) | Средняя доза, мЗв | Число ликвидаторов, мужчины | Средний возраст на начало работы с РВ и ИИИ | Чел.-лет наблюдения | Число больных ЗНО | Относительный риск |
|----------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| 1              | 0,1–4,9                        | 2,2               | 2929                        | 36,4                                        | 27246               | 170               | 1,0                |
| 2              | 5,0–12,9                       | 8,0               | 2270                        | 35,7                                        | 10003               | 142               | 0,98               |
| 3              | 13,0–35,1                      | 21,7              | 2497                        | 35,9                                        | 5323                | 172               | 1,07               |
| 4              | 36,0–98,8                      | 62,3              | 2509                        | 35,6                                        | 5306                | 160               | 1,01               |
| 5              | 99,0–1478,5                    | 180,4             | 2493                        | 35,5                                        | 6614                | 165               | 1,01               |

Таблица 9

**Стратифицированные показатели ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, мужчин – работников предприятий и организаций ГК «Росатом» (по дозам ЧАЭС + профессиональным), относительный риск**

| Дозовая группа | Доза (минимум – максимум, мЗв) | Средняя доза, мЗв | Число ликвидаторов, мужчины | Средний возраст на начало работы с РВ и ИИИ | Чел.-лет наблюдения | Число больных ЗНО | Относительный риск |
|----------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| 1              | 0,1–5,9                        | 2,6               | 2983                        | 36,5                                        | 158915              | 173               | 1,0                |
| 2              | 6,0–16,7                       | 10,3              | 2248                        | 36,1                                        | 118048              | 125               | 0,86               |
| 3              | 17,0–48,8                      | 30,5              | 2478                        | 35,4                                        | 130610              | 169               | 1,06               |
| 4              | 49,0–120,5                     | 80,4              | 2485                        | 35,6                                        | 131358              | 147               | 0,92               |
| 5              | 121–1985,5                     | 229,1             | 2504                        | 35,7                                        | 136016              | 191               | 1,15               |

меняемый в современной радиационно-эпидемиологической практике.

Для расчетов риска возникновения радиационно-индуцированных солидных раков у ликвидаторов по программе AMFIT данные были разделены на 5 дозовых групп соответственно для доз, полученных в результате ликвидации аварии на ЧАЭС, и по суммарной дозе (табл. 8, 9). Кроме того, данные стратифицированы по возрасту на дату въезда и по циклам исследования.

### Результаты и обсуждение

Значение дополнительного относительного риска в расчете на 1 Зв, рассчитанное при использовании только доз внешнего облучения, полученных при ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, значительно ниже искомого коэффициента риска, рассчитанного при использовании суммы доз как чернобыльской, так и профессионального облучения (табл. 10). При этом имеет место достоверное отличие от нуля коэффициента ERR/Sv, рассчитанного в случае использования суммарной дозы.

Таким образом, результаты проведенного исследования на более полном материале данных о дозах облучения еще раз подтвердили выводы предыдущих работ [12, 13], что использование только отдельных компонент дозовой нагрузки человека приводит к получению некорректных результатов в оценке риска возникновения радиационно-индуцированных злокачественных новообразований.

Также необходимо отметить, что в связи с уникальностью Отраслевого регистра, включающего ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, работ-

Таблица 10

**Оценки радиационных рисков возникновения злокачественных новообразований с использованием программы AMFIT для доз различных видов облучения**

| Дозы      | ERR на 1 Зв | Ошибка показателя | Значения доверительных интервалов |       |
|-----------|-------------|-------------------|-----------------------------------|-------|
| ЧАЭС      | 0,1310      | 0,5               | –0,9286                           | 1,190 |
| ЧАЭС+проф | 1,127       | 0,51              | 0,1311                            | 2,122 |

ников предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом», необходимо продолжение работ по его совершенствованию в плане сбора информации для корректного проведения исследований и использования его в дальнейшем для проведения оценки качества различных ведомственных медико-социальных программ.

По материалам Отраслевого регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на Чернобыльской АЭС, вышло более 160 научных трудов в стране и за рубежом.

### Заключение

Основным источником получения надежных данных о последствиях облучения людей при низких дозах является детальное исследование долгосрочных последствий для здоровья на базе медико-дозиметрических регистров. Для формирования научного базиса оценки последствий облучения, связанного с чернобыльской аварией, требуется тщательное изучение радиационной аварии на ЧАЭС как с фундаментальных, так и с практических позиций. Одной из важных составляющих радиационно-эпидемиологического

анализа и разработки программ профилактических мероприятий являются данные о дозовых нагрузках населения и ликвидаторов от различных источников ионизирующего излучения, которые вместе с данными о состоянии здоровья служат базой для оценки риска радиационно-обусловленных заболеваний. Таким образом, важное практическое значение имеют выводы:

1. Используя какую либо часть общей дозы облучения человека для расчета риска возникновения радиационно-индуцированных заболеваний, мы будем получать некорректные результаты, неизвестно насколько далеких от истины.

2. Получены различающиеся значения рисков возникновения радиационно-индуцированных заболеваний у лиц, принимавших участие в ликвидации аварии на ЧАЭС, при использовании различных компонент общей дозы облучения.

3. Полученный результат еще раз подчеркивает актуальность и необходимость создания единого медико-дозиметрического регистра работников предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом» с информацией о всех видах воздействия ионизирующего излучения на человека, обозначенных в директивных документах.

Перспективой дальнейшего исследования на следующем этапе работы следует считать:

1. Продолжение сбора данных о профессиональных дозах облучения ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, работников всех предприятий и учреждений Госкорпорации «Росатом», для увеличения мощности исследования.

2. Организацию сбора данных о дозах медицинского и природного облучения ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, работников всех предприятий и учреждений Госкорпорации «Росатом».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kamiya K., Ozasa K., Akiba S. et al. Long-term effects of radiation exposure on health // *Lancet*. 2015. V. 1. № 386. P. 469–478.
2. Kondo S. Rational risk estimation in relation to atomic bomb radiation // *J. Radiat. Res.* 1990. V. 31. № 2. P. 174–188.
3. Muirhead C.R. Studies on the Hiroshima and Nagasaki survivors, and their use in estimating radiation risks // *Radiat. Prot. Dosimetry*. 2003. V.104. № 4. P. 331–335.
4. Kendall G.M., Muirhead C.R. MacGibbon B.H. The UK's National Registry for Radiation Workers: first results // *Nucl. Eng. Intern.* 1993. V. 1. P. 2–3.
5. Muirhead C.R., Haylock R. Ionising radiation and occupational cancer in Britain. // *Br. J. Cancer*. 2012. V. 107. № 9. P. 1660–1661.
6. Wing S., Shy C.M., Wood G.L. et al. Mortality among workers of Oak Ridge National Laboratories – evidence of radiation effects in follow-up through 1984. // *J. Amer. Med. Assoc.* 1992. V. 304. P. 220–225.
7. Gribbin M.A., Weeks Y.L., Howe G.R. Cancer mortality (1956–1985) among male employees of Atomic Energy of Canada Limited with respect to occupational exposure to external low-linear-transfer ionizing radiation // *Radiat. Res.* 1993. 133. P. 375–380.
8. Кошурникова Н.А., Шильникова Н.С., Окатенко П.В. и соавт. Характеристика когорты рабочих атомного предприятия ПО «Маяк» (часть 1) // *Вопросы радиац. безопасности*. 1998. № 2. С. 46–55.
9. Иванов В.К., Цыб А.Ф., Максютлов М.А., Горский И.А. и соавт. Радиационно-эпидемиологический анализ данных РГМДР от участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС // *Атомная энергия*. 1995, Т. 78. Вып. 2. С. 121–127.
10. Туков А.Р., Дзгоева Л.Г., Клеева Н.А. Заболеваемость лиц, принимавших участие в ЛПА // В сб.: «Чернобыльская катастрофа: диагностика и методико-психологическая реабилитация пострадавших». – Минск. 1993. С. 110–111.
11. Алгазин А.И., Киселев В.И., Шойхет Я.Н. и соавт. Формирование регистра лиц, подвергшихся радиационному воздействию при испытании ядерного устройства на Семипалатинском полигоне 29 августа 1949 г. // *Вестник научной программы «Семипалатинский полигон – Алтай»*. 1996. № 1. С. 57–67.
12. Туков А.Р., Шафранский И.Л., Бирюков А.П., Фомин А.А. Сравнительный анализ риска при радиационно-эпидемиологическом исследовании лиц, принимавших участие в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, с использованием различных видов облучения // *Мед. радиол. и радиац. безопасность*. 2015. Т. 60. № 6. С. 27–33.
13. Туков А.Р., Бирюков А.П., Шафранский И.Л. Использование данных о дозах различного вида облучения в радиационной эпидемиологии // *Мед. радиол. и радиац. безопасность*. 2014. Т. 59. № 1. С. 43–49.

Поступила: 09.03.2016

Принята к публикации: 22.03.2016

**В.И. Рубцов, В.Н. Ключков, Л.И. Тунеева, А.Б. Требухин,  
А.В. Симаков, А.Ю. Неведов, Е.В. Ключкова**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЫТА ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС ДЛЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛА И РАБОТНИКОВ АВАРИЙНЫХ БРИГАД ПРИ РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ**

**V.I. Rubtsov, V.N. Klochkov, L.I. Tuneeva, A.B. Trebukhin,  
A.V. Simakov, A.Yu. Nefedov, E.V. Klochkova**

### **Use of Experience of Elimination of the Consequences of the Accident at the Chernobyl NPP for Developing the Personal Protection System and Equipment for the Staff and Rescuers at Radiation Accident**

РЕФЕРАТ

**Цель:** Анализ и обобщение опыта организации индивидуальной защиты персонала при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) и определение на этой основе основных направлений совершенствования системы и средств индивидуальной защиты (СИЗ), предназначенных для использования при выполнении работ в условиях потенциальных радиационных аварий.

**Материал и методы:** В работе проанализированы результаты многолетних исследований авторов и данные литературы об особенностях условий труда персонала при ликвидации последствий аварии на ЧАЭС в 1986–1987 гг., о применяемых СИЗ, о положительных и отрицательных результатах применения отдельных СИЗ.

**Результаты:** Сформулированы основные выводы об особенностях организации индивидуальной защиты персонала при ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. С учетом опыта работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС за прошедшие 30 лет специалистами ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России совместно со специализированными организациями разработаны и внедрены в производство новые образцы высокоэффективных СИЗ: изолирующие костюмы различных модификаций, респираторы, защищающие от радиоактивных аэрозолей и соединений радиоактивного йода, дополнительная спецодежда из полимерных ламинированных материалов. Разработана современная нормативно-методическая база по СИЗ персонала организаций и аварийно-спасательных формирований атомной отрасли, учебно-методическая и справочная литература.

**Выводы:** Экстремальные условия проведения работ по ликвидации последствий радиационной аварии на ЧАЭС явились очень хорошим полигоном для оценки положительных и отрицательных аспектов организации системы индивидуальной защиты. Объективный анализ результатов применения СИЗ в зоне аварии на Чернобыльской АЭС позволяет находить оптимальные решения при создании новых СИЗ и проработке различных аспектов организации индивидуальной защиты персонала в условиях радиационной аварии.

**Ключевые слова:** средства индивидуальной защиты, авария на Чернобыльской АЭС, респиратор «Лепесток», изолирующий костюм, дезактивация

ABSTRACT

**Purpose:** To analyze and summarize the experience of the staff personal protection during rectification of the consequences of the accident at the Chernobyl NPP, and to define the main areas of improving the personal protection system and equipment (PPE) for the usage at potential radiation accidents.

**Material and methods:** This work analyzes the results of the authors' long-term research and literature data on the specifics of work conditions at rectification of the consequences of the accident at the Chernobyl NPP in 1986–1987, and positive and negative results of using particular PPE.

**Results:** Main conclusions on the specifics of the staff personal protection during rectification of the consequences of the accident at the Chernobyl NPP are provided. Using experience of rectification of the consequences of the accident at the Chernobyl NPP the experts of the A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center in collaboration with special organizations have developed and implemented new models of high-efficient PPE: various insulating suits, respirators protecting from radioactive aerosols and radioactive iodine compounds, additional special cloth made from polymeric laminated materials. The actual regulatory and procedural base of PPE for the enterprise staff and accident rescue units in nuclear industry, as well as training and reference literature have been created.

**Conclusion:** The extreme work conditions during rectification of the consequences of this accident were a very good ground for evaluating positive and negative aspects of personal protection. For 30 years the objective analysis of the results of using PPE in the Chernobyl NPP area allows to find optimal solutions at creation of new PPE and developing various aspects of the staff personal protection under radiation accident conditions.

**Key words:** personal protective equipment, accident at the Chernobyl NPP, "Lepestok" respirator, insulating suit, decontamination

## **Введение**

Авария на четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС (ЧАЭС), произошедшая 26 апреля 1986 г., привела к радиоактивному загрязнению территории Советского Союза и зарубежных стран. При этом территория ЧАЭС была загрязнена до чрезвычайно высо-

ких уровней: мощность дозы гамма-излучения вблизи административно-бытового корпуса, находящегося от разрушенного реактора на расстоянии около 500 метров, составляла более 300 мР/ч (3 мЗв/ч). При приближении к аварийному блоку на расстояние до 300 м мощность дозы возрастала до нескольких Р/ч и более.

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва. E-mail: fmbsc-fmba@bk.ru

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of FMBA, Moscow, Russia. E-mail: fmbsc-fmba@bk.ru

Дальнейшее приближение к реактору было сопряжено с огромным риском в связи с чрезвычайно высоким загрязнением территории и наличием разбросанных вокруг четвертого энергоблока высокоактивных фрагментов активной зоны реактора.

Но, несмотря на высокую опасность, было необходимо выполнять на территории ЧАЭС различные неотложные аварийные работы, связанные с тушением основного и возникавших повторных пожаров, охлаждением зоны реактора, проведением тепловых и ядерно-физических измерений и др. Необходимым элементом обеспечения радиационной безопасности персонала в сложных условиях радиационной аварии явилось применение средств индивидуальной защиты (СИЗ).

### Материал и методы

Выполняемые в сложной радиационной обстановке работы по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС отличались огромными масштабами — в 1986 г. одновременно в зоне аварии на ЧАЭС выполняли работы тысячи работников из различных министерств и ведомств, включая специалистов Минсредмаша и военные подразделения Министерства обороны СССР.

Одним из важнейших направлений обеспечения безопасности персонала в зоне аварии на ЧАЭС была организация системы индивидуальной защиты. Система организации индивидуальной защиты персонала при работе в условиях радиоактивного загрязнения поверхностей и воздуха была разработана ранее, в 1960–1980-е гг., советскими специалистами, в т.ч. сотрудниками Института биофизики Минздрава СССР [1–5]. При проведении работ по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС эта система прошла серьезную проверку и в целом доказала свою эффективность.

Вместе с тем, возможности защиты персонала с помощью СИЗ в условиях ликвидации последствий аварии на ЧАЭС были ограничены: защита от гамма-излучения радионуклидов, выброшенных из реактора, с помощью СИЗ невозможна. Использование тяжелых, содержащих свинец фартуков, жилетов и плавок общей массой более 25 кг себя не оправдало, т.к. приводило к снижению индивидуальной дозы облучения всего в 1,6–1,8 раза [6] и, следовательно, во столько же раз увеличивало возможную продолжительность работы (см. рис. 1). Однако резкое снижение работоспособности приводило к необходимости привлечения дополнительного персонала и значительно увеличивало коллективную дозу [7]. Защита персонала от гамма-излучения при ликвидации последствий аварии на ЧАЭС могла быть осуществлена только путем применения основополагающих принципов радиационной защиты, т.е. защиты временем и защиты расстоянием.

Поэтому главными задачами системы индивидуальной защиты персонала в зоне аварии на ЧАЭС явля-



Рис. 1. Применение СИЗ из наполненной свинцом резины при выполнении работ на промплощадке ЧАЭС не приводило к значимому снижению индивидуальной дозы облучения, но значительно снижало работоспособность

лись защита от поступления радионуклидов в организм за счет вдыхания радиоактивных аэрозолей, газов и паров, защита кожных покровов от радиоактивного загрязнения, а также предотвращение разноса радиоактивных веществ из загрязненной зоны ЧАЭС на менее загрязненные территории.

Особенностью проведения работ на ЧАЭС было то, что большие контингенты персонала выполняли работы непосредственно на промплощадке ЧАЭС или на ближайших территориях, а проживали в базовых лагерях на границе 30-км зоны. Поскольку санпропускники ЧАЭС не были рассчитаны на столь большие контингенты, персонал после рабочей смены на промплощадке ЧАЭС выезжал в базовые лагеря в загрязненной спецодежде и других средствах индивидуальной защиты, а переодевание и санитарную обработку проходил во временных санитарных пропускниках в базовых лагерях. И лишь в июле–августе на расстоянии примерно 10 км от ЧАЭС были построены санитарные пропускники — пункты санитарной обработки (ПУСО) и площадки для пересадки персонала из «грязных» автобусов в «чистые».

Также в первые месяцы аварийных работ ощущался острый недостаток производственной мощности спецпрачечных. Указанные обстоятельства свидетельствовали в пользу максимального применения одnorазовых СИЗ в условиях крупномасштабной радиационной аварии.

Основным средством индивидуальной защиты органов дыхания при выполнении работ в зоне аварии на ЧАЭС явился противоаэрозольный респиратор ШБ-1 «Лепесток-200», разработанный в середине 1950-х гг. сотрудниками Института биофизики и НИФХИ им. Л.Я. Карпова [2].

Главными преимуществами респираторов типа «Лепесток» явились высокая защитная эффективность и низкое сопротивление дыханию. Кроме того, налаженное крупномасштабное производство и низкая цена позволили применять эти респираторы как одnorазовые. В атомной отрасли этот принцип соблюдался с момента создания этого респиратора, соблюдается и в настоящее время.

Для сравнения: воинские подразделения Министерства обороны СССР в мае 1986 г. использовали штатный многоразовый респиратор У-2К (Р-2). Но сразу же выявилась невозможность многоразового применения респиратора — этот респиратор при проведении работ в зоне радиоактивного загрязнения быстро накапливал большое количество радионуклидов. При выезде военнослужащих в базовые лагеря при ношении на поясном ремне он являлся значимым источником внешнего облучения людей и способствовал разному радиоактивного загрязнения. Поэтому уже к концу мая военнослужащие перешли на использование одноразовых респираторов типа «Лепесток». Респираторы, защищающие от соединений радиоактивного йода, к тому моменту были разработаны, но на ЧАЭС их не было прежде всего потому, что при нормальной работе АЭС они не нужны.

Возникли большие сложности с обеспечением защиты кожных покровов персонала при проведении работ в условиях значительного загрязнения поверхностей, таких как сбор загрязненного грунта и укладка его в контейнеры, дезактивация зданий и сооружений, дезактивация загрязненного автотранспорта. Костюмы химической защиты Л-1, входившие в штатный комплект защитных средств военнослужащих, в этих условиях оказались недостаточно эффективными, т.к. они не являются герметичными и дезактивируемыми. Но, самое главное, летом, при температуре воздуха 25–30 °С и особенно в солнечную погоду, их применение было практически невозможно вследствие быстрого перегрева организма с возможными тяжелыми последствиями.

Все указанные обстоятельства потребовали расширения производства или внедрения новых высокоэффективных физиологически приемлемых СИЗ преимущественно одноразового применения.

По инициативе Института биофизики совместно с рядом ведомств и предприятиями-изготовителями была проведена большая организаторская работа по обеспечению всего персонала, участвовавшего в ликвидации последствий аварии, достаточным количеством необходимых СИЗ. В частности, только за 6 месяцев 1986 г. на Чернобыльскую АЭС было поставлено более 4,5 млн шт. респираторов, более 1 млн пар спецобуви. В мае и последующие месяцы 1986 г. был решен вопрос о выпуске и поставке на ЧАЭС промышленных партий новых перспективных СИЗ, таких, например, как легкие газопылезащитные, защищающие от радиоактивного йода и его соединений, респираторы «Лепесток-Апан», «Лепесток-АИ» и др. (более 100 тыс. шт.); защитные плечные чехлы-накидки и чехлы-костюмы (более 10 тыс. шт.); специальные дезактивируемые средства защиты сварщиков (400 шт.); изолирующие костюмы КЗМ-1 в комплекте с охлаждающими костюмами (200 шт.); автономные источники воздухообеспечения и автономные СИЗ с

принудительной подачей очищенного воздуха в зону дыхания (65 шт.) и др. [8, 9].

Показателем эффективности системы индивидуальной защиты персонала при ликвидации последствий аварии на ЧАЭС является подтвержденное исследованиями отсутствие существенного поступления радиоактивных веществ в организм участников наиболее радиационно опасных работ.

В течение 1986–1987 гг. был проведен большой объем исследовательских работ и осуществлен ряд организационных мероприятий, направленных на предотвращение поступления радиоактивных веществ внутрь организма и на кожные покровы персонала, работающего в зоне загрязнения на ЧАЭС. При этом был разработан комплекс нормативно-методических документов, инструкций и рекомендаций, внедрение которых в практику позволило создать эффективную систему индивидуальной защиты, исключить или значительно снизить поступление радиоактивных веществ в организм персонала, а также предотвратить распространение радиоактивных загрязнений с одеждой и средствами индивидуальной защиты. Большинство разработанных нормативно-методических и инструктивных документов было опубликовано в 1986–1987 гг. [10, 11].

За прошедшие 30 лет после аварии на ЧАЭС был выполнен большой комплекс работ по созданию современных высокоэффективных СИЗ аварийного назначения. Совместно со специализированными организациями (Кимрская фабрика им. Горького, Экспериментально-производственные мастерские ФМБА России, Производственное объединение «Сорбент» и др.) разработаны, испытаны в лабораторных, стендовых и производственных условиях, сертифицированы и внедрены в серийное и мелкосерийное производство для предприятий атомной отрасли новые образцы СИЗ различных классов — от легких респираторов до изолирующего снаряжения спасателей (всего более 100 различных типов и модификаций изделий).

Большое внимание уделено совершенствованию всей системы индивидуальной защиты, включая выбор СИЗ в соответствии с условиями труда, дезактивацию загрязненных СИЗ и утилизацию СИЗ, пришедших в негодность. Был разработан и внедрен в промышленное производство новый класс дополнительных СИЗ кожных покровов из нетканого полотна, ламинированного полиэтиленовой пленкой. Эти СИЗ благодаря их сравнительной дешевизне в аварийной ситуации могут применяться как одноразовые. В отличие от широко распространенных СИЗ из поливинилхлоридного пластика, при использовании СИЗ из ламинированных материалов не возникает проблем при их сжигании в специальных печах, что обеспечивает многократное снижение объема радиоактивных отходов.

Ниже представлены в качестве примера некоторые образцы новых СИЗ, предназначенных для использования при проведении как ремонтных работ в штат-



Комбинезон

Полухалат, нарукавники

Полукомбинезон

Фартук, нарукавники

Рис. 2. Дополнительные СИЗ, изготовленные из нетканого полотна, ламинированного полиэтиленовой пленкой

ной ситуации, так и работ в условиях радиационной аварии.

Дополнительные СИЗ (комбинезон, полухалат, полукомбинезон, фартук, нарукавники и другие СИЗ — см. рис. 2) изготовлены из нетканого полотна, ламинированного полиэтиленовой пленкой. При их утилизации методом сжигания не выделяются агрессивные и опасные химические вещества. Для обеспечения безопасности персонала аварийно-спасательных формирований, выполняющего работы в условиях воздействия комплекса радиационных и химических факторов при возможной аварии на радиационно-опасном объекте, создан комплекс изолирующих костюмов нового поколения: КЗ-М (новые модификации: с лазом; с гермомолнией — см. рис. 3), используемые в комплекте с панорамной лицевой маской с противогАЗоаэрозольной или противоаэрозольной коробкой, или изолирующим дыхательным аппаратом; КЗ-У (рис. 4, 5); КЗ-П (из нетканых ламинированных материалов — см. рис. 6); различные модели костюма КЗ-А (см. рис. 7, 8). Костюмы КЗ-М1, КЗ-М4, КЗ-М5 защищают от радиоактивных веществ и растворов (при угрозе облива) при ожидаемых уровнях загрязнения до 1000 допустимого загрязнения, а также от внешнего бета-излучения при плотности потока бета-частиц до 10 допустимых значений. Они используются в комплекте с панорамной лицевой маской с противогАЗоаэрозольной коробкой или изолирующим дыхательным аппаратом.

Совместно со специализированными организациями осуществлена разработка, проведена экспертная и экспериментальная оценка комплекта СИЗ сварщика (рис. 9).

Анализ последствий выполнения аварийных работ в первые часы и дни после аварии на ЧАЭС по-

казал большую опасность бета-излучения от облака радиоактивных газов и аэрозолей, а также от почвы и строительных конструкций, загрязненных до высоких уровней. Пожарные, которые тушили аварийный четвертый блок ЧАЭС, кроме высоких доз гамма-облучения всего тела получили высокие дозы бета-облучения кожных покровов. Радиационный бета-ожог кожи существенно затруднил лечение острой лучевой болезни. В апреле—мае отмечались случаи переоблучения кожных покровов дозиметристов при обследовании загрязненной зоны. Отмеченные факты свидетельствуют о необходимости разработки специальных аварийных СИЗ от бета-излучения.

Выполненные исследования показали, что защиту от бета-излучения наилучшим образом обеспечивают материалы, состоящие из легких элементов. Таковыми являются обычные полимерные материалы. При использовании материалов, содержащих тяжелые элементы (например, свинец, вольфрам) значительно увеличивается выход тормозного излучения, от которого невозможно защититься с помощью СИЗ.

Для определения требуемой толщины материала, обеспечивающего заданный коэффициент защиты от бета-излучения, нами были проведены расчеты для уровня облучения, создаваемого суммой различных бета-излучающих радионуклидов на примере радионуклидов, характерных для выброса в результате аварии на ЧАЭС. Были использованы данные о составе выброса на 26 апреля и на 6 мая 1986 г. [12].

Результаты расчетов представлены на рис. 10. Они наглядно показывают, что оптимальным значением толщины материала защитного костюма является  $0,4 \text{ г/см}^2$  — при такой толщине материала обеспечивается необходимый коэффициент защиты (от 17 до



Костюм КЗ-М1 (арт. К2312).  
Куртка с резиновым обтюратором  
на поясе и полукombineзон  
с приклеенными бахилами



Костюм КЗ-М4 (арт. К2315).  
Конструкция — комбинезон с  
лазом



Костюм КЗ-М5 (арт. К2316)  
Конструкция — комбинезон с  
гермомолнией

Рис. 3. Новые модификации изолирующего костюма КЗ-М



Рис. 4. Изолирующий костюм КЗ-У.  
Предназначен для проведения ремонт-  
ных и аварийно-восстановительных  
работ в условиях загрязнения воздуха  
и поверхности помещений радио-  
активными и химически токсичными  
веществами. Изготовлен из легкодеза-  
ктивируемого поливинилхлоридного  
пластиката.  
Используется в комплекте с автоном-  
ным источником воздухообеспечения  
типа «Нива-2М» или при подаче чи-  
стого воздуха от пневмолинии. Вместо  
бахил могут быть приварены сапоги



Рис. 5. Изолирующий костюм КЗ-У1  
с панорамным стеклом. Предназначен  
для проведения ремонтных и аварий-  
но-восстановительных работ в усло-  
виях загрязнения воздуха и поверх-  
ности помещений радиоактивными и  
химически токсичными веществами.  
Изготовлен из легкодезаkтивируемого  
поливинилхлоридного пластиката.  
Используется в комплекте с автоном-  
ным источником воздухообеспечения  
типа «Нива-2М» с двумя противоаэро-  
зольными коробками или при подаче  
чистого воздуха от пневмолинии



Рис. 6. Изолирующий костюм КЗ-П.  
Предназначен для использования в  
условиях загрязнения воздуха и поверх-  
ностей радиоактивными веществами.  
Изготовлен из нетканого полотна,  
ламинированного полиэтиленовой  
пленкой. При утилизации методом  
сжигания не выделяются агрессивные  
и опасные химические вещества.  
Используется в комплекте с автоном-  
ным источником воздухообеспечения  
типа «Нива-2М»



Рис. 7. Костюм КЗ-А (модель 1). Конструкция — комбинезон с гермомолнией, с панорамным стеклом. Защищает от радиоактивных веществ и растворов (при угрозе облива) при ожидаемых уровнях загрязнения до 1000 ДЗ, а также от внешнего бета-излучения при плотности потока бета-частиц до 10 ДПП<sub>перс</sub>. Используется в комплекте с автономным источником воздухообеспечения типа «Нива-2М», укомплектованным двумя противоаэрозольными фильтрами



Рис. 8. Костюм КЗ-А (модель 2). Конструкция — комбинезон с гермомолнией. Защищает от радиоактивных веществ и растворов (при угрозе облива) при ожидаемых уровнях загрязнения до 1000 ДЗ, а также от внешнего бета-излучения при плотности потока бета-частиц до 10 ДПП<sub>перс</sub>. Используется в комплекте с промышленным противогазом с панорамной лицевой частью и высокоэффективными фильтрами, либо с изолирующим дыхательным аппаратом

40 для различного состава радионуклидов), при этом масса защитного костюма вместе с основным комплектом спецодежды и нательного белья составит примерно 12 кг, что вполне приемлемо по эргономическим показателям.

Производство таких комплектов необходимо для оснащения аварийно-спасательных формирований.



Рис. 9. Комплект СИЗ сварщика (костюм сварщика, шток сварщика со светофильтром типа «Хамелеон», автономный источник воздухообеспечения «Нива-2М», краги). Костюм сварщика хлопчатобумажный из ткани моле-скин артикул С-28ЮД с несмываемой огнезащитной обработкой.

Костюм может быть использован при незначительных уровнях радиоактивного загрязнения поверхностей и воздуха.

Опыт работ в зоне радиоактивного загрязнения на ЧАЭС еще раз подтвердил необходимость применения СИЗ органов дыхания от аэрозолей, газов и паров радионуклидов йода. В 2000-е гг. были разработаны и внедрены в промышленное производство респираторы КАМА-2000 ГП марки АВИ (рис. 11) и респираторы РПА-ГП марки АВИ (рис. 12).

При сертификационных испытаниях все респираторы типа фильтрующей полумаски, предназначенные для защиты от радиоактивных веществ, должны соответствовать классу защиты FFP3 (высокоэффективные), а фильтры к изолирующим лицевым частям — классу РЗ (высокоэффективные). Это установлено требованиями раздела 4.5 Технического регламента Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» [13] и СанПиН 2.2.8.48-03 [14].

Существенно более высокие защитные свойства имеет противогаз АВИ для аварийно-восстановительных работ (рис. 13).

## Результаты и обсуждение

Таким образом, проблема обеспечения персонала аварийно-спасательных формирований средствами индивидуальной защиты органов дыхания в принципе решена. Эти СИЗ органов дыхания имеют сугубо аварийное назначение, они не нужны в повседневной деятельности предприятий атомной отрасли, т.к. радионуклиды йода в воздухе отсутствуют. Но не решен организационный вопрос о формировании аварийных запасов СИЗ, их замены и обновления, с учетом гарантийных и назначенных сроков хранения, а также с учетом определения границ зоны «возможного» загрязнения.

За годы, прошедшие с момента аварии на ЧАЭС, лабораторией средств индивидуальной защиты персо-

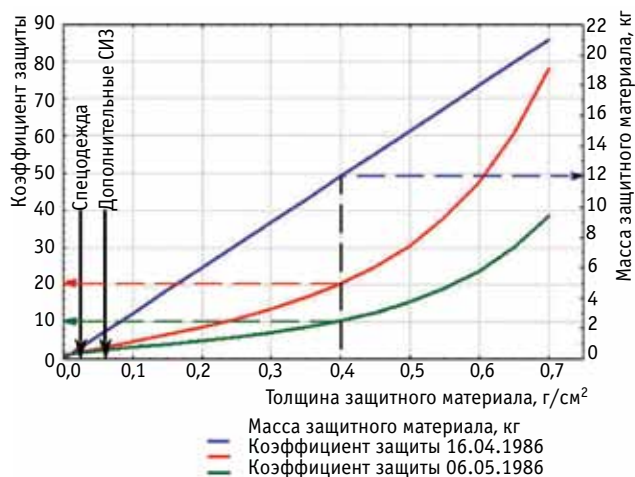


Рис. 10. Результаты расчета толщины материала костюма для защиты от бета-излучения радионуклидов, определяющих состав выброса при аварии ядерного реактора

нала опасных производств ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России разработаны более 30 национальных и около 30 межгосударственных стандартов, устанавли-

вающих требования к СИЗ персонала радиационно и химически опасных производств и на методы их оценки, а также целый комплекс нормативных документов по выбору, контролю качества, эксплуатации, дезактивации и утилизации СИЗ. Большинство разработанных стандартов гармонизированы с международными (ИСО) и региональными (европейскими) стандартами. Вместе с тем, большинство гармонизированных ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России стандартов являются модифицированными, а не идентичными. Последнее позволяет учитывать особенности отечественной промышленности, климата и возможности сертификационных испытательных центров. Отчасти это способствует проведению испытаний на более дешевом отечественном оборудовании. На базе лаборатории функционирует подкомитет ПК-1 «Изолирующие костюмы» технического комитета ТК-320 «Средства индивидуальной защиты» и сертификационный центр по испытаниям СИЗ.

Как только в Госкорпорации «Росатом» была создана система обучения и аттестации спасательных формирований и спасателей, основной задачей которых является ликвидация последствий возмож-



Рис. 11. Респиратор «КАМА-2000 ГП» марка АВИ

Предназначен для защиты органов дыхания человека от радиоактивных аэрозолей до 20 значений допустимой среднегодовой объемной активности (ДОВА<sub>перс</sub>) по НРБ-99/2009, паров неорганических и органических соединений радиоактивного йода, газо-, парообразных вредных веществ при концентрации до 5 ПДК, аэрозолей III и IV классов опасности по ГОСТ 12.1.005-88 при концентрации не более 100 мг/м³ и объемном содержании кислорода не менее 18 %.

Применяется при температуре воздуха выше 0°C и работе легкой и средней степени тяжести



Рис. 12. Респиратор РПА-ГП марка АВИ

Предназначен для защиты органов дыхания человека от радиоактивных аэрозолей до 20 значений допустимой среднегодовой объемной активности (ДОВА<sub>перс</sub>) по НРБ-99/2009, паров неорганических и органических соединений радиоактивного йода, газо-, парообразных вредных веществ при концентрации не более 5 ПДК, аэрозолей III и IV классов опасности по ГОСТ 12.1.005-88 при концентрации не более 200 мг/м³ и аэрозолей I и II классов опасности до 20 ПДК при объемном содержании кислорода не менее 18 %.

Применяется при температуре выше минус 15°C и работе любой степени тяжести



Рис. 13. Противогаз для аварийно-восстановительных работ АВИ

Предназначен для защиты органов дыхания, лица и глаз работников предприятий атомной промышленности от радиоактивных аэрозолей до 500 значений допустимой среднегодовой объемной активности (ДОВА<sub>перс</sub>) по НРБ-99/2009, паров неорганических и органических соединений радиоактивного йода, органических паров, кислых газов и паров, отравляющих веществ при объемном содержании кислорода в воздухе не менее 18 % и суммарном содержании вредных веществ не более 500 значений ПДК, температуре воздуха от - 40 до + 40°C.

Применяется, как правило, в комплекте с изолирующим костюмом

ных радиационных и химических аварий на предприятиях атомной отрасли и при транспортировании радиоактивных и делящихся материалов, специалисты лаборатории СИЗ были в соответствии с приказами Госкорпорации «Росатом» привлечены к этим работам, которые на регулярной основе выполняются до настоящего времени.

Обучение спасателей проводится на базе кафедры «Охраны труда, радиационной и химической безопасности и защиты» Института последипломного профессионального образования ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, на базе других кафедр ИППО, а также на базе различных кафедр «Центрального института повышения квалификации» Госкорпорации «Росатом» и его филиалов.

Аттестацию спасателей осуществляет центральная отраслевая аттестационная комиссия Госкорпорации «Росатом», в работе которой участвуют сотрудники лаборатории СИЗ.

Таким образом, в основном создана современная нормативная база по СИЗ персонала организаций и аварийно-спасательных формирований. Основным документом этой системы является Табель оснащения средствами индивидуальной защиты аварийно-спасательных формирований Госкорпорации «Росатом» [15], последняя редакция которого издана в 2008 г. и в настоящее время находится в стадии актуализации.

## Выводы

Авария на ЧАЭС явилась чрезвычайным событием. Экстремальные условия проведения работ по ликвидации последствий этой радиационной аварии дали много очень ценной информации для оценки положительных и отрицательных аспектов организации индивидуальной защиты в условиях крупномасштабной радиационной аварии. Объективный анализ результатов применения СИЗ в зоне аварии на Чернобыльской АЭС в течение уже 30 лет позволяет находить оптимальные решения при создании новых СИЗ и проработке различных аспектов организации индивидуальной защиты персонала в условиях возможных радиационных аварий мирного и военного времени.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горodinский С.М. Средства индивидуальной защиты для работ с радиоактивными веществами. Изд. третье. — М.: Атомиздат. 1979.
2. Петрянов И.В., Басманов П.И., Шатский С.Н. и соавт. Лепесток (Легкие респираторы). М.: Наука. 1984. 216 с.
3. Методическое руководство по индивидуальной защите персонала атомных станций // В сб.: «Методическое руководство по индивидуальной защите персонала атомных станций и физиолого-гигиенические требования к изолирующим средствам индивидуальной защиты». — М.: Энергоатомиздат. 1986. С. 4–32.
4. Физиолого-гигиенические требования к изолирующим средствам индивидуальной защиты // В сб.: «Методическое руководство по индивидуальной защите персонала атомных станций и физиолого-гигиенические требования к изолирующим средствам индивидуальной защиты». — М.: Энергоатомиздат. 1986. С. 33–47.
5. Рубцов В.И., Клочков В.Н. К шестидесятилетию лаборатории средств индивидуальной защиты персонала опасных производств // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2013. № 5. С. 75–81.
6. Симаков А.В. О применении свинца для индивидуальной защиты от внешнего гамма-излучения при работах по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС // В сб.: «Медицинские аспекты ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС». — М.: ЦНИИАтоминформ. 1993. С. 169–170.
7. Симаков А.В., Тарасенко Ф.Ю., Фомин Г.Ф. Радиационная обстановка и оценка доз облучения военнослужащих, выполнявших работы по дезактивации кровли зданий Чернобыльской АЭС // В сб.: «Медицинские аспекты ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС». — М.: ЦНИИАтоминформ. 1993. С. 22–29.
8. Радиационная защита персонала и населения в аварийной ситуации // В сб.: «Чернобыль. Пять трудных лет». Сборник материалов о работах по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС в 1986–1990 гг. — М.: ИздАТ. 1992. С. 87–91.
9. Радиационная медицина. Руководство для врачей-исследователей, организаторов здравоохранения и специалистов по радиационной безопасности. Под ред. Л.А. Ильина. — М.: ИздАТ. 2002. Т. 3. С. 335.
10. Сборник инструктивно-методических материалов. — М.: Минздрав СССР. 1986.
11. Индивидуальная защита персонала при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. — М.: ИБФ МЗ СССР. 1987.
12. Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствиях, подготовленная для МАГАТЭ // Атомная энергия. 1986. Т. 61, Вып. 5. С. 301–320.
13. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» ТР ТС 019/2011.
14. СанПиН 2.2.8.48-03. Средства индивидуальной защиты органов дыхания персонала радиационно опасных производств.
15. Типовой табель оснащения средствами индивидуальной защиты аварийно-спасательных формирований Госкорпорации «Росатом». — М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. 2008, 94 с.

Поступила: 29.02.2016

Принята к публикации: 22.03.2016

**Л.А. Ильин, И.К. Беляев**

## **ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС. ФЕРРОЦИНОВЫЕ ФИЛЬТРЫ ОЧИСТКИ МОЛОКА ОТ $^{137}\text{Cs}$**

**L.A. Ilyin, I.K. Belyaev**

### **Liquidation of Consequences of the Chernobyl accident. Ferrocyn Filter Cleaning Milk from $^{137}\text{Cs}$**

РЕФЕРАТ

ABSTRACT

**Цель:** Ретроспективно-хронологический анализ фактических данных о разработке и результатах натурных испытаний ферроциновых фильтров для очистки молока от  $^{137}\text{Cs}$  на территориях, загрязненных радионуклидами после аварии на Чернобыльской АЭС.

**Результаты:** В 1988–1990 гг. ферроциновые фильтры испытаны в 1556 личных хозяйствах Белоруссии, России и Украины. Фильтрующий ферроцин-содержащий волокнистый материал обеспечивал снижение концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в молоке до 98,3 %.

**Выводы:** Разработанные ферроциновые фильтры позволяют получать практически очищенное от радиоактивного цезия молоко.

**Ключевые слова:** авария на Чернобыльской АЭС,  $^{137}\text{Cs}$ , молоко, ферроциновые фильтры, натурные испытания

**Purpose:** Retrospective-chronological analysis of the evidence on the development and the results of field tests of ferrocyn milk filters from  $^{137}\text{Cs}$  in the areas contaminated with radionuclides after the Chernobyl accident.

**Results:** In 1988–1990 years ferrocyn filters were tested in 1556 private households in Belarus, Russia and Ukraine. Filter Prussian Blue fibrous material decrease the concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in milk up to 98.3 %.

**Conclusion:** Designed ferrocyn filters let you receive practically cleaned milk from radioactive cesium.

**Key words:** Chernobyl accident,  $^{137}\text{Cs}$ , milk, ferrocyn filter, navigation tests

#### **Введение**

В результате аварии на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г. значительные территории Белоруссии, России и Украины подверглись радиоактивному загрязнению с последующим переходом радионуклидов по пищевым цепочкам в продукты питания.

В процессе широкомасштабных работ по ослаблению последствий аварии на ЧАЭС в течение относительно короткого периода времени удалось взять под дозиметрический и радиометрический контроль молочную продукцию коллективных хозяйств Европейской части бывшего СССР и рынков ее сбыта. Благодаря усилиям ученых агропрома в дальнейшем было оптимизировано сельскохозяйственное производство, в т.ч. молока с целью снижения уровней поступления в организм человека основного дозобразующего долгоживущего радионуклида — цезия-137. В то же время, на фоне циклопических масштабов радиоактивного загрязнения страны порядка 200 тыс. км<sup>2</sup>, достичь подобного положения в тысячах личных хозяйств, по понятным причинам, не удалось. Масштабные проверки подтвердили, что в сравнительном отношении уровни радиоактивного загрязнения молока местного производства цезием-137 (равно как и йодом-131 на ранних и промежуточных фазах аварии) в частном секторе были более высокими. Совершенно очевидно, что на фоне различных рекомендаций и действий (например, временный перевод молочно-продуктивного скота из частного сектора в коллективные

хозяйства) возникла идея о разработке специальных фильтров для молока с целью его дезактивации от  $^{137}\text{Cs}$ .

В 1966–1971 гг. в результате совместных работ Института биофизики МЗ СССР, Ленинградского НИИ радиационной гигиены и Научно-исследовательского химического института Ленинградского Государственного Университета с целью защиты человека от инкорпорации радиоактивного цезия разработан и в 1978 г. на основании Приказа министра здравоохранения СССР № 1253 от 25 декабря 1978 г. внедрен в практику отечественного здравоохранения ферроцин — неорганический катионит, представляющий собой смесь 95 % железо-гексацианоферрата  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$  и 5 % железо-гексацианоферрата калия  $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ .

Ферроцианидные препараты, в т.ч. ферроцин, эффективность которых достигает 99 %, занимают ведущее место в ряду испытанных препаратов-блокаторов всасывания  $^{137}\text{Cs}$  в желудочно-кишечном тракте животных и человека [1, 2].

В 1986 г. Л.А. Ильиным и В.П. Борисовым сформулирована и практически реализована идея очистки молока от радиоцезия с использованием ферроцианидов.

27 января 1989 г. на способ получения и на способ применения фильтра для очистки молока от радиоактивного цезия в индивидуальных хозяйствах (ферроцин осажден на нетканое полотно ЦМ-К1 — карбоксилиновая целлюлоза) оформлены заявки на изобретения № 4636782/13 исх. № 2746 от 27.01.89 г. и № 4636781/13 исх. 2745 от 27.01.89 г. [3, 4].

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва. E-mail: 9424159@bk.ru

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of FMBA, Moscow, Russia. E-mail: 9424159@bk.ru

В ответ на наше обращение в Правительственную комиссию по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС уже 13 марта 1989 г. было принято Решение № 559 «О разработке специальных фильтров для очистки молока от цезия-137» за подписью Председателя Правительственной комиссии Б.Е.Щербины. Ряду министерств, ведомств, институтов и производственных объединений СССР поручено «организовать выполнение работ по быстрейшему созданию эффективных средств для очистки молока, получаемого в личных подсобных хозяйствах жителей районов РСФСР, Украинской ССР и Белорусской ССР, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС...».

«Минздраву СССР совместно с Госагропромом СССР провести необходимые медико-биологические испытания фильтров и молока, очищенного от радиоактивного цезия...».

«Минхимпрому СССР совместно с Минлегпромом СССР до реконструкции цеха «Мтилон» изготовить в рязанском производственном объединении «Химволокно» в 1989 г. 10 тонн и в 1990 г. 60 тонн нетканого материала ЦМ-КФ. Для подготовки к его выпуску Госнабу СССР предусмотреть поставку в апреле с.г. по заявке Минхимпрома СССР из резерва или за счет перераспределения между потребителями необходимых для этих целей насосов и запорной аппаратуры».

«Госплану СССР и МВЭСу СССР совместно с Минздравом СССР (т. Сергеевым) рассмотреть предложение Института биофизики Минздрава СССР (т. Ильина) о срочной закупке за рубежом специальной аппаратуры для проведения прецизионных химических, биологических и токсикологических исследований в процессе создания фильтров, имея в виду найти положительное решение этим вопросам».

Таким образом, на основании представленных Институтом биофизики МЗ СССР данных о высокой эффективности ферроциновых фильтров очистки молока от радиоактивного цезия, решением Правительства страны была разработана и осуществлялась широкомасштабная программа создания производственных мощностей промышленного производства ферроциновых фильтров и проведены их натурные медико-биологические испытания с участием целого ряда научных учреждений и органов практического здравоохранения.

В частности, к выполнению этих работ был привлечен созданный в конце 1986 г. Всесоюзный научный центр радиационной медицины АМН СССР (г. Киев), которому в июне 1991 г. решением Правительственной комиссии была поручена координация программы натурных испытаний специальных фильтрующих устройств для очистки молока от цезия-137.

О масштабах этих работ достаточно свидетельствуют следующие данные. В 1988–90 гг. ферроциновые фильтры были испытаны в 1556 личных хозяйствах. При этом фильтрующий ферроцин-содержащий во-

локнистый материал обеспечивал снижение концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в молоке в среднем на 98 %.

## Результаты и обсуждение

Проведена проверка эффективности сорбции  $^{137}\text{Cs}$  из молока с использованием ферроцианидов меди и железа на целлюлозных подложках трех типов, разработанных в Московском химико-технологическом институте им. Д.И. Менделеева: мтилоне Т-целлюлозе с привитой аминотиоловой группой; анионите ЦМ-2 с привитой на целлюлозе пиридиновой группой; катионите ЦМ-К 1 с карбоксилированной целлюлозой. При синтезе ферроцианидов в Институте биофизики МЗ СССР в первом и втором случае на подложку сорбировался ферроцианидный анион с использованием 5 %-го  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ , избыток которого затем отмывался, после чего ткань обрабатывалась 5 %-ым раствором  $\text{FeCl}_3$  с последующей отмывкой несорбированного железа. В третьем случае сначала сорбировалось на карбоксильной группе железо из  $\text{FeCl}_3$ , затем проводилась промывка с последующей обработкой 5 %-ным  $\text{K}_4\text{Fe}/\text{CN}/6$ , избыток которой также многократно отмывался. Сушка во всех случаях производилась при комнатной температуре.

Проведенные контрольные опыты с молоком, загрязненным  $^{137}\text{Cs}$ , показали, что при фильтрации эффективность удаления радионуклида достигала 97–99,6 %.

Для практического внедрения рекомендован в качестве основы третий вариант, где наличие в целлюлозе карбоксильной группы было наиболее безвредным для человека, а ферроцианид, сорбированный на этой подложке, разрешен для медицинского применения как антидот при интоксикации радиоактивным цезием. В дальнейшем при проведении исследований всеми участниками натурных испытаний определялась эффективность ферроциновых фильтров на карбоксилированной целлюлозе ЦМ-К1.

Различные варианты их технологического получения осуществлялись в Институте биофизики МЗ СССР, Московском химико-технологическом институте им. Д.И. Менделеева и в Институте общей и неорганической химии АН УССР. Изучение сорбционной способности проведены на 42 видах фильтров, отличающихся способами производства. Испытано 150 образцов фильтров, 17 видов ферроваты массой по 7 и 3,5 г, полученных из Московского текстильного института им. А.Н. Косыгина Гособразований СССР, 10 фильтров, зашитых в ткань, полученных в Московском химико-технологическом институте им. Д.И. Менделеева и в Институте общей и неорганической химии АН УССР. Для искусственного загрязнения молока использовали  $^{137}\text{CsCl}$ . Эффективность очистки 100–300 мл молока оценивали в % от контрольного (нефильтрованного молока) на гамма-спектрометре фирмы Norland. Проведены испытания эффектив-

ности фильтров в очистке натурального молока из Чечерского района Гомельской области с концентрацией радиоцезия от  $10^{-8}$  до  $10^{-6}$  Ки/л.

Эффективность очистки молока от  $^{137}\text{Cs}$  фильтрами, полученных по восьми разным технологиям, варьировала от 40 до 80 %. При испытаниях сырья для фильтров в виде ваты, пропитанной ферроцианидом железа, эффективность очистки молока от  $^{137}\text{Cs}$  достигала 84–99,9 %. Установлено, что материал, закрывающий фильтр, не оказывает влияния на его эффективность (98 %). Сделано заключение о возможности многократного использования фильтра.

На основании данных, полученных в Институте биофизики МЗ СССР, изготовлена экспериментальная партия фильтров ЦМ-КФ.

В ноябре 1988 г. в Брянской лаборатории радиационной гигиены НИИРГ и МЗ РСФСР (г. Новозыбков Брянской области) проведены испытания эффективности дезактивации нативно загрязненного  $^{137}\text{Cs}$  молока путем фильтрации через ионитный материал с закрепленным на нем ферроцином [5]. Обследовались утренние надои 2 ноября 1988 г. в поселках Городечня, Яловка, Увелье Красногородского района. При испытаниях эффективности очистки молока от  $^{137}\text{Cs}$  проверялось влияние на этот параметр скорости фильтрации и повторных фильтраций, температуры молока, обезжиривания фильтров и их толщины. Очистка путем фильтрации осуществлялась через воронку с плоским дном, на которое укладывалась предварительно смоченная дистиллированной водой ферроцин-содержащая ткань с площадью фильтрующей поверхности  $28,3 \text{ см}^2$ . Скорость фильтрации регулировалась изменением числа отверстий в дне воронки. Объем фильтрующей ткани менялся путем изменения числа слоев от 2 до 5 при средней плотности одного слоя  $40 \text{ мг/см}^2$ .

Представленные фактические данные свидетельствуют о том, что фильтрация молока снижала в нем концентрацию калия с  $1,52 (1,48 \div 1,56, n = 10)$  до  $1,37 (1,31 \div 1,39, n = 10)$  г/л и не повлияла на концентрацию натрия и кальция, которая составила, соответственно,  $0,47$  и  $1,21$  г/л.

Увеличение скорости фильтрации молока при  $22\text{--}27^\circ\text{C}$  и плотности обезжиренного фильтра  $80 \text{ мг/см}^2$  с  $1,6$  до  $24,0 \text{ мл/см}^2$  в мин сопровождалось снижением эффективности очистки молока от  $^{137}\text{Cs}$  с  $78,5$  до  $50$  %. Эффективность очистки  $1$  л молока обезжиренным в горячей воде ( $90^\circ\text{C}$ ) фильтром с плотностью  $200 \text{ мг/см}^2$  в течение  $11$  мин достигала  $98,3$  %.

При разработке ферроциновых фильтров, осуществляемых уже на основании приказа Минздрава СССР от 27 февраля 1989 г. и решения № 559 Правительственной комиссии от 13 марта 1989 г., с 20 ноября по 4 декабря 1989 г. на территории Ветковского района Гомельской области Белорусской ССР бригадой специалистов Института биофизики МЗ СССР в составе Б.А. Попова, И.К. Беляева, В.М. Гуськова, Т.В. Чельшевой, Н.П. Авраменко, при участии радио-

логических лабораторий областной (Гомель) и районной (Ветка) СЭС проведены комиссионные испытания опытной партии фильтров ЦМ-КФ, выпущенной СКТБ с ЭП ИОНХ АН УССР и фильтродержателей.

Исследования проведены на 17 коровах и 18 пробах смешанного молока из коллективных и личных хозяйств населенных пунктов Бартоломеевка, Бесядь, Воробьевка, Глыбовка, Громыки, Новые Громыки, Косинское, Красный Кут, Осово, Сивенка. Проведено измерение 182 проб молока и 85 фильтров. Эффективность фильтров в связывании  $^{137}\text{Cs}$  в молоке оценивалась по остаточной радиоактивности в пробах профильтрованного молока, в сравнении с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в пробах нефильтрованного молока и по его накоплению на фильтрах. Измерение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в пробах молока и фильтрах проводилось на переносном полупроводниковом спектрометре фирмы Canberra (USA).

Пробы молока, полученные на Ветковском молокозаводе, измерялись в лаборатории районной СЭС г. Ветки. Эффективность очистки молока от  $^{137}\text{Cs}$  варьировала ( $n = 11$ ) от  $36,4$  до  $75$  % при среднем арифметическом значении  $63,6 \pm 13,5$  %.

Фильтрация через фильтр ЦМ-КФ не оказала отрицательного влияния на качество молока, оцениваемого по показателям жирности и количества белка. Анализ молока до и после фильтрации осуществлен согласно «Инструкции по теххимическому контролю на предприятиях молочной промышленности» (ЦНИИТЭИ, М. 1977). Содержание жира в сборном молоке цистерн ( $n = 9$ ) из коллективных хозяйств до фильтрации составило  $3,6 \pm 0,1$  %, после —  $3,6 \pm 0,1$  %. Содержание белка в молоке коллективных хозяйств до фильтрации —  $3,1 \pm 0,1$ , после —  $3,1 \pm 0,1$  %.

Скорость фильтрации не зависела от жирности молока и составила  $0,74 \pm 0,21$ ;  $1,05 \pm 0,23$ ;  $0,85 \pm 0,25$ ;  $0,5 \pm 0,04$  и  $0,67 \pm 0,12$  л/мин при жирности 2,5; 3,6; 3,8; 4,6 и 4,8 % соответственно.

При увеличении фильтруемого объема молока с  $0,5\text{--}1,5$  л до  $1,6\text{--}3$ ;  $3,1\text{--}4,5$ ;  $4,6\text{--}6,0$ ;  $6,1\text{--}7,5$ ;  $7,6\text{--}9,0$ ;  $9,1\text{--}10,5$ ;  $10,6\text{--}12,0$  л эффективность очистки молока от  $^{137}\text{Cs}$  снижалась с  $91,8 \pm 1,5 (88,6 \div 95,3)$  % до  $84,8 \pm 2,2 (72,5 \div 92,8)$ ;  $78,6$ ;  $60,7 \pm 2,3 (36,4 \div 75,4)$ ;  $75,6 \pm 6,0 (63,9 \div 85,3)$ ;  $69,6 \pm 1,5 (68,0 \div 72,8)$ ;  $63,6 \pm 5,5 (50,0 \div 81,3)$  и  $68,9 \pm 1,2 (64,3 \div 73,6)$  %, соответственно.

Эффективность ферроцинового фильтра не уменьшалась при многократном его применении, в течение 3 дней: при 1-й, 2-й и 3-й фильтрации она составила, соответственно,  $76,3 \pm 9,4$ ,  $70,4 \pm 11,4$  и  $76,3 \pm 21,9$  %.

Эффективность очистки для исследованной партии фильтров варьировала от  $36,4$  до  $95,3$  % при среднем значении  $76,2$  %. Лабораторные образцы фильтров, изученные в Институте биофизики МЗ СССР, имели стабильную эффективность в пределах  $95,3\text{--}99,4$  %.

Испытания фильтров в присутствии и при непосредственном участии жителей населенных пунктов воспринято населением доброжелательно.

Повсеместно было высказано желание о скорейшем приобретении и использовании фильтров в личном хозяйстве, в т.ч. лицами, не имеющими на подворье молочного скота.

С 3 по 12 июля 1990 г. бригадой сотрудников Института биофизики МЗ СССР проведены натурные испытания фильтродержателей новой конструкции, изготовленных ПО «Спецатом», и ферроциновых фильтров в Ветковском и Наровлянском районах Гомельской области Белорусской ССР. При фильтрации молока с удельной активностью  $1,6 \times 10^{-8}$  Ки/л эффективность очистки молока от  $^{137}\text{Cs}$  составила 94,3 %. При использовании феррофильтров жителями деревни Побужье Ветковского района Гомельской области при удельной активности  $1,4-2,5 \times 10^{-8}$  Ки/л —  $79,3 \pm 1,4$  %. Показано, что при фильтрации молока в объеме 25,5 л степень очистки составляет 82,3 % и снижается при фильтрации 43,5 л до 79,6 %.

В 1990 г. бригадой ВНИЦРМ АМН СССР натурные испытания феррофильтров проводились в населенных пунктах Вежица, Дроздынь, Переходичи и Старое Село Рокитновского района Ровенской области. При средней концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в молоке до фильтрации  $3,2 \times 10^{-8}$  Ки/л остаточная активность была  $2,7 \times 10^{-9}$  Ки/л. Эффективность очистки молока составила 91,6 %. В октябре—ноябре 1990 г. испытание фильтров осуществлялось в селах Верхняя, Средняя и Нижняя Рудня, Кованка, Переборы, Усово, Черновка Оручского района Житомирской области. Брянской лабораторией радиационной гигиены ЛенНИИРГ при испытании фильтров в с. Веприн Клиновского района Брянской области при уровнях загрязнения молока  $7,95 \times 10^{-8}$  Ки/л эффективность очистки молока составила 89,7 % соответственно [6].

В сентябре 1993 г. был опубликован способ дезактивации молока, загрязненного радионуклидами цезия [7]. В публикации сообщалось о том, что разработан технологический регламент получения хемосорбционного волокна ЦМ-КФ, предназначенного для изготовления фильтров с целью очистки молока от радионуклидов цезия в частных хозяйствах.

Токсикологические и медико-биологические исследования не выявили отрицательного 8–10-месячного воздействия вытяжек из фильтра (ВНИИ гигиены и токсикологии пестицидов, полимерных материалов и пластических масс) и 12-месячного назначения профильтрованного молока (Республиканский научный гигиенический центр МЗ УССР) на организм экспериментальных животных. Исследовалось общее состояние и поведение животных, оцененное по следующим параметрам: двигательная активность в тесте «лабиринт», динамика массы тела, гематологические показатели, содержание белка, его отдельных фракций и метаболитов азотистого обмена, липидов и холестерина сыворотки крови, активность аргиназы, транс-

аминаз, холинэстеразы, величина суточного диуреза, экскреция креатина и клиренса мочевины, функциональное состояние нервной системы, печени, почек. Результаты изучения репродуктивной функции крыс свидетельствовали об отсутствии гонадотоксического, тератогенного и мутагенного действия фильтрованного молока.

Не обнаружено изменений органолептических, физико-химических и технологических свойств и пищевой ценности молока, прошедшего фильтрацию (вкус, цвет, влага, зольные элементы, содержание белков, жиров, минеральных солей, аминокислот, витаминов, жирных кислот, состав микрофлоры, увеличение кислотности при хранении молока, процесс свертывания молока, отделения сыворотки, характера сгустков). Молоко соответствовало всем требованиям ГОСТ 13264-70 «Коровье молоко. Требования при заготовке».

Оптимизированы режимы фильтрации очистки молока от радионуклидов цезия в зависимости от объема и качества молока.

Констатируется, что эффективность очистки молока зависит от скорости фильтрации, объема фильтруемого молока, его кислотности, жирности и температуры. С увеличением объема фильтруемого молока с 2 до 10 л эффективность очистки снижалась с 94,5 до 85,4 %. Увеличение кислотности молока с 17 до 20 и до 24° Тернера сопровождалось снижением эффективности очистки с 90 до 72,9 и до 45,2 %, соответственно. С увеличением кислотности молока снижалась и скорость фильтрации. Увеличение жирности молока с 2,6 до 4,8 % снижало эффективность очистки с 90,1 до 85,3 %.

Снижение температуры молока с 31–37 до 10 °С снижало эффективность очистки с 90 до 50–56 % (табл. 1).

Таблица 1

**Эффективность очистки молока в зависимости от температуры [7]**

|            | 10 °С |          | 15–20 °С |          | 21–31 °С |          | 31–37 °С |          |
|------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|            | n     | %        | n        | %        | n        | %        | n        | %        |
| Белоруссия | 13    | 56,2±7,0 | 18       | 67,9±4,5 | 37       | 75,6±2,4 | 136      | 91,7±3,8 |
| Украина    | 7     | 50,3±3,7 | 11       | 64,7±3,1 | 15       | 78,8±3,9 | 176      | 90,6±4,2 |

При натуральных исследованиях, проведенных в сельских населенных пунктах Брянской, Гомельской, Житомирской, Ровенской областей, эффективность очистки молока от  $^{137}\text{Cs}$  составила 88,7–91,5 % (табл. 2 и 3).

Таблица 2

**Эффективность очистки молока от  $^{137}\text{Cs}$  [7]**

| Область     | Число проб | Концентрация $^{137}\text{Cs}$ в молоке, Бк/л |                  | Эффективность очистки, % |
|-------------|------------|-----------------------------------------------|------------------|--------------------------|
|             |            | до фильтрации                                 | после фильтрации |                          |
| Брянская    | 43         | 2939 ± 109                                    | 300 ± 25         | 89,8                     |
| Житомирская | 257        | 1197 ± 138                                    | 99 ± 44          | 91,7                     |
| Ровенская   | 657        | 3157 ± 774                                    | 355 ± 106        | 88,7                     |

Таблица 3

**Эффективность очистки молока от  $^{137}\text{Cs}$  [9]**

| Область     | Число хозяйств | Концентрация $^{137}\text{Cs}$ в молоке, Бк/л |                  | Эффективность очистки, % |
|-------------|----------------|-----------------------------------------------|------------------|--------------------------|
|             |                | до фильтрации                                 | после фильтрации |                          |
| Брянская    | 147            | 2917 ± 190                                    | 254 ± 116,5      | 91,3                     |
| Житомирская | 782            | 813 ± 196                                     | 69,5 ± 16,7      | 91,5                     |
| Гомельская  | 451            | 876 ± 317                                     | 85,8 ± 31,1      | 90,2                     |
| Ровенская   | 176            | 268 ± 742                                     | 30,4 ± 7,1       | 89,4                     |
| Всего       | 1556           |                                               |                  | 90,06                    |

**Заключение**

Представленные выше сведения и данные о реализации идеи создания и практического применения (внедрения) ферроцинсодержащих фильтров для дезактивации цельного молока от радиоактивного цезия и судьба этого государственного проекта должны найти свое место в анналах истории чернобыльской трагедии.

Уже в итоге первого этапа широкомасштабных экспериментальных работ в научно-исследовательских институтах страны и натурных испытаний на местах в более чем полутора тысячах частных хозяйств в зонах радиоактивного загрязнения России, Украины и Белоруссии стало совершенно очевидно, что ферроциновые фильтры в случае их системного и грамотного использования обеспечат радикальное предотвращение внутреннего облучения людей за счет основного дозобразующего радионуклида — цезия-137. При этом потребляемое очищенное молоко сохраняет свою биологическую ценность и технологические характеристики. Иными словами, применение ферроцинсодержащих фильтров для молока в частных хозяйствах является наиболее эффективными контрмерами по критерию уменьшения средней дозы облучения жителей конкретных населенных пунктов [8]. Активная роль Правительственной комиссии по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, которая своим специальным постановлением в начале 1989 г. придала этому проекту государственный статус, заключалась в том, что в кратчайшие сроки были развернуты строительные и строительно-монтажные работы по созданию специальных предприятий для промышленного производства ферроцинсодержащих фильтров, изготовления соответствующих фильтродержателей и т.п.

На пике этих работ в декабре 1991 г. произошел развал СССР, системы государственного управления и дезинтеграция экономики. Это историческое событие, к сожалению, неотвратимо предопределило прекращение всей программы производства ферроциновых фильтров очистки молока и повсеместное их внедрение, реализация которого находилась в завершающей стадии. Образование трех самостоятельных государств исключило координацию всех исследований и работ по этому направлению.

Тем не менее, даже спустя три десятилетия после этих событий в научной литературе встречаются от-

дельные публикации, посвященные этой теме [10, 11, 12, 13], правда, без упоминания о выполненных ранее проектах, о которых шла речь в этом сообщении.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ильин Л.А. Основы защиты организма от воздействия радиоактивных веществ. — М.: Атомиздат. 1977. 256 с.
2. Использование берлинской лазури для снижения уровня загрязнения радиоактивным цезием молока и мяса, производимых на территориях, пострадавших от Чернобыльской аварии. МАГАТЭ, Вена, 1997, IAEA-TECDOC-926/R. IAEA 1997. 28 с.
3. Ильин Л.А., Борисов В.П., Иванников А.Т. и соавт. Способ получения фильтра для очистки молока от радиоактивного цезия в индивидуальных хозяйствах Авторская заявка № 4636782/13, исх. 2746 от 27.01.89 г.
4. Ильин Л.А., Борисов В.П., Иванников А.Т. и соавт. Способ применения фильтра для очистки молока от радиоактивного цезия в индивидуальных хозяйствах Авторская заявка № 4636781/13, исх. 2745 от 27.01.89 г.
5. Лихтарев И.А., Корзун В.Н., Репин В.С. и соавт. Протокол испытаний эффективности дезактивации нативно загрязненного цезием-137 молока путем фильтрации через ионитный материал с закрепленным на нем ферроцином. ВНЦРМ АМН СССР. ЛенНИИРГ. Новозыбков Брянской обл. 1988. 4 с.
6. Корзун В.Н. Отчет по итогам испытаний фильтров для очистки молока от радиоцезия в личных хозяйствах (краткий). — Киев. 1991. 8 с.
7. Романенко А.Е., Корзун В.Н., Ильин Л.А. и соавт. Способ дезактивации молока, загрязненного радионуклидами цезия. // Гигиена и санитария. 1993. № 9. С. 34—36.
8. Ильин Л.А. Реалии и мифы Чернобыля. Изд. 2-е. — М.: ALARA Limited. 1996. 494 с.
9. Korzun V.N. Measures for the minimization of inner irradiation dose of the population (literary review) // Environ. Health. 2012. № 1. С. 23—29.
10. Кутлахмедов Ю.А., Матвеева И.В., Саливон А.Г. и соавт. Исследование радиоэкологических процессов методами теории надежности // Ядерная физика та енергетика. 2012. Т. 13. № 3. С. 289—296.
11. Зубарева, А.В. Кравцов А.Г., Король Р.А. Очистка молока от долгоживущих радионуклидов // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. 2012. Т. 7. № 2. С. 23—26.
12. Кравцов, А.Г. Зубарева А.В., Зотов С.В., Никитин А.Н. Полимерные волокнистые meltblown материалы — средство очистки от долгоживущих радионуклидов // Материалы, технологии, инструменты. 2013. Т. 18. № 2. С. 56—60.
13. Зубарева А.В., Кравцов А.Г., Наумов А.Д. и соавт. Патент BY № 19279, МПК G21F 9/2 A 01J 9/10. 06.30. 2015. Способ очистки молока от долгоживущих радионуклидов. Заявитель — ГНУ Институт радиобиологии НАН Беларуси.

Поступила: 30.03.2016

Принята к публикации: 04.04.2016

**А.В. Рожко, Э.А. Надыров, И.В. Веялкин, А.А. Чешик**

## **МЕДИЦИНСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: 30 ЛЕТ СПУСТЯ**

**A.V. Rozhko, E.A. Nadyrov, I.V. Veyalkin, A.A. Cheshik**

### **Medical Effects of Chernobyl Disaster in the Republic of Belarus: 30 Years after**

РЕФЕРАТ

ABSTRACT

**Цель:** Оценка заболеваемости различных категорий населения Республики Беларусь, пострадавшего от последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС спустя 30 лет после аварии.

**Материал и методы:** Данные Государственного регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС (Госрегистр), проживающих в Республике Беларусь за период с 1986 по 2014 гг. Проанализированы стандартные эпидемиологические показатели, характеризующие состояние здоровья пострадавшего населения. Анализ проводился по группам 1–4 первичного учета (ГПУ). Для сглаживания различий в возрастно-половой структуре исследуемых групп использовался метод непрямой стандартизации данных по возрасту, полу, месту жительства и календарному времени. Оценка показателей проводилась сравнением 95 %-доверительных интервалов. Проведен анализ зависимости заболеваемости раком щитовидной железы и лейкозами от индивидуализированных доз облучения.

**Результаты:** Проведенное исследование выявило постарение населения, стоящего на учете в Госрегистре и его постепенную естественную убыль. Наиболее выраженное постарение наблюдается в когорте ликвидаторов с 41,0 [30,0; 50,0] года в 1986 г. до 59,0 [54,0; 66,0] лет в 2014 г. При анализе первичной заболеваемости наблюдалась тенденция к постепенному снижению этого показателя. Структура первичной заболеваемости пострадавшего населения не отличается от структуры заболеваемости населения Республики Беларусь: на первом месте находятся болезни органов дыхания (49,4 %), на втором — травмы и отравления (9,3 %) и на третьем — болезни костно-мышечной системы (6,1 %). Смертность пострадавшего населения не превышает общереспубликанский уровень, а в когорте ликвидаторов является ниже популяционной, составляя в 2014 г. SMR = 0,98 (0,93–1,03). Заболеваемость злокачественными новообразованиями у пострадавшего населения в целом незначительно превышает популяционные уровни или была ниже (ГПУ 1: SIR = 1,05 (1,04–1,07), ГПУ 2: SIR = 0,97 (0,89–1,04), ГПУ 3: SIR = 0,9 (0,86–0,91)). Повышенные уровни заболеваемости злокачественными новообразованиями отмечались за счет высокой заболеваемости раком щитовидной железы (во всех ГПУ) и лейкозами (в ГПУ 1).

**Выводы:** Проведенный анализ показал, что по ряду показателей состояние здоровья пострадавшего от аварии на ЧАЭС население не отличается от всей популяции Республики Беларусь. Однако особую настороженность вызывает высокая заболеваемость лейкозами в ГПУ 1 и 4 и щитовидной железы в ГПУ 4. Ряд успехов в стабилизации показателей здоровья пострадавшего населения был достигнут во многом благодаря организации практически полной диспансеризации населения.

**Ключевые слова:** авария на ЧАЭС, заболеваемость, смертность, злокачественные новообразования, пострадавшее население, Республика Беларусь

**Purpose:** To estimate the health status of the various categories of Belorussian population affected by the Chernobyl catastrophe 30 years after the accident.

**Material and methods:** The data of the State Register of Belorussian persons exposed to radiation due to the Chernobyl accident, was collected for the period from 1986 to 2014. There were analyzed standard epidemiological parameters that characterized the state of health of the affected population. The analysis was conducted across the primary registration groups (PRG). To smooth out differences in the age–sex structure of the studied groups we used the indirect standardization of data by age, sex, place of residence and calendar time. Estimation of incidence ratios was conducted by comparing the 95 % confidence intervals. The dependence of thyroid cancer and leukemia from individualized doses was investigated.

**Results:** The aging of study revealed population and its gradual natural decline were shown. The most pronounced aging was observed in the cohort of liquidators from 41.0 [30.0; 50.0] years in 1986 to 59.0 [54.0; 66.0] years in 2014. In the analysis of the primary incidence rates the negative trend was found. The structure of primary morbidity of the affected population did not differ from the Republic of Belarus morbidity structure: in the first place there are respiratory diseases (49.4 %), second — injury and poisoning (9.3 %) and the third — diseases of the musculoskeletal system (6.1 %). The mortality of the affected population did not exceed the republican level, and in the cohort of liquidators it was below the population level (in 2014 SMR = 0.98 (0.93–1.03)). The incidence of malignant tumors in the affected population as a whole was slightly higher than the population level or it was even lower (PRG 1: SIR = 1.05 (1.04–1.07), PRG 2: SIR = 0.97 (0.89–1.04), PRG 3: SIR = 0.9 (0.86–0.91)). Elevated levels of cancer incidence were observed due to the high incidence rates of thyroid cancer (all PRG) and leukemia (in 1 PRG).

**Conclusion:** Our analysis showed that health indicators of affected people did not differ from the entire population of the Republic of Belarus. However, high risk of leukemia in the PRG 1 and 4, and the thyroid cancer in the PRG 4 are the subjects to be paid attention. The successes in the stabilizing the health indicators in affected population was achieved due to the organization of almost 100 % clinical examination of the population.

**Key words:** Chernobyl disaster, incidence rates, mortality rates, cancer, suffered population, Belarus

### **Введение**

В мировой практике до настоящего времени не было опыта по ликвидации последствий столь масштабной техногенной катастрофы, как авария на Чернобыльской АЭС, в результате которой произошло массивное радиоактивное загрязнение на огромных

площах. По данным Чернобыльского форума, на тот период времени порядка 5,0 млн чел. проживало на территориях, загрязненных радионуклидами [1]. Сразу после аварии в 1986 г. для решения медицинских проблем в Республике Беларусь была организована специальная диспансеризация пострадавшего от аварии населения.

Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека, Гомель, Белоруссия. E-mail: veyalkin@mail.ru

The Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel, Belarus. E-mail: veyalkin@mail.ru

В 1987 г. приказом Министерства здравоохранения СССР №640-ДСП были определены объемы медицинского обследования и категории граждан, подлежащих специальной диспансеризации, создан республиканский уровень Всесоюзного распределенного регистра на лиц, подвергшихся воздействию радиации в связи с аварией на Чернобыльской АЭС. В 1991 г. был принят закон «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС», который определил категории граждан, относящихся к различным категориям пострадавшего населения, и необходимость систематического медицинского обследования и наблюдения за пострадавшим населением.

В связи с принятием закона были разработаны нормативные документы, определяющие порядок, объем и частоту медицинского наблюдения, которые обновлялись и реализовывались в практическом здравоохранении на протяжении всего послеаварийного периода.

Система сбора и обработки информации о численности, территориальном распределении населения, подвергшегося воздействию радиации вследствие катастрофы на ЧАЭС, результатах диспансерных осмотров, заболеваемости, причинах смерти, миграции, а также о дозовых нагрузках была организована в рамках Белорусского регистра лиц (Госрегистр), подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на ЧАЭС (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 5 мая 1993 г. № 283 «О создании Белорусского государственного регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС»). В настоящее время в базе данных Госрегистра содержится информация о 874 690 гражданах Республики Беларусь, пострадавших от катастрофы на ЧАЭС, других радиационных аварий, в т.ч. о 581 тыс. состоящих в настоящее время под диспансерным наблюдением в учреждениях здравоохранения. По каждому зарегистрированному лицу имеются медицинские данные, включая сведения о заболеваниях, инвалидности, причинах смерти, объемах диспансерных осмотров и данные о дозах облучения. Анализ информации, накопленной в Госрегистре, позволяет не только оценивать текущие показатели состояния здоровья, но и разрабатывать мероприятия по медицинскому обеспечению пострадавшего населения.

Таким образом, целью работы явилась оценка заболеваемости различных категорий населения Республики Беларусь, пострадавшего от последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС спустя 30 лет после аварии.

### Материал и методы

Исходным материалом служили данные Государственного регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, проживающих в Республике Беларусь (госре-

гистр) и данные Белорусского республиканского канцер-регистра (БРКР) с 1986 по 2014 гг.

В настоящее время в базе данных Госрегистра накоплена и постоянно актуализируется информация по 7 группам первичного учета (ГПУ). Особый интерес по изучению медицинских последствий аварии на ЧАЭС представляет анализ в ГПУ 1–5:

ГПУ 1 — участники ликвидации последствий катастрофы на ЧАЭС;

ГПУ 2 — граждане, эвакуированные, отселенные, самостоятельно выехавшие с территории радиоактивного загрязнения из зоны эвакуации (отчуждения) в 1986 г.

ГПУ 3 — граждане, постоянно (преимущественно) проживающие на территории радиоактивного загрязнения в зонах первоочередного и последующего отселения (включая детей, находившихся во внутриутробном состоянии), а также отселенные и самостоятельно выехавшие из этих зон, за исключением прибывших на данную территорию после 1 января 1990 г.

ГПУ 4 — дети (в последующем подростки и взрослые), родившиеся от граждан ГПУ 1–3, за исключением включенных в ГПУ 3.

ГПУ 5 — граждане, проживающие или работающие в зоне с правом на отселение и периодическим радиационным контролем.

Были проанализированы показатели смертности, первичной и общей заболеваемости, пострадавшего населения (на 100 тыс. населения). Данные о возрасте лиц, стоящих на учете в Госрегистре представлены в виде медианы возраста и интерквартильного размаха. В связи с неоднородностью анализируемых групп по полу и возрасту были рассчитаны стандартизованные соотношения заболеваемости (SIR) и смертности (SMR), представленные отношением установленных случаев к ожидаемому их количеству, рассчитанному на основании референсных популяционных уровней. В качестве контроля использовались уровни заболеваемости злокачественными новообразованиями в популяции Республики Беларусь. Статистическая значимость показателя определялась согласно распределению Пуассона [2]. При проведении радиационно-эпидемиологического анализа были использованы индивидуализированные накопленные дозы (ИД) на щитовидную железу, красный костный мозг и окружающую костную ткань, рассчитанные по утвержденным Министерством здравоохранения методикам [3, 4]. Связь между дозой облучения и риском развития злокачественного новообразования определялась при оценке коэффициента корреляции Спирмена ( $r_s$ ).

### Результаты и обсуждение

Численность населения, сведения о котором содержатся в Госрегистре, приведена в табл. 1. Как видно из таблицы, наибольшее количество лиц, стоящих на учете, относятся к ГПУ 1, 3 и 5. Количество лиц, стоящих на учете, не является постоянной величиной и

Таблица 1

**Численность пострадавшего населения по группам первичного учета ГПУ 1–4 в базах данных Госрегистра**

| Группа учета | Общее количество | Стоящие на учете в Госрегистре на 01.01.2015 | Доля стоящих на учете от общего количества, % |
|--------------|------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| ГПУ1         | 99 693           | 55 425                                       | 55,6                                          |
| ГПУ2         | 13 101           | 4 310                                        | 32,9                                          |
| ГПУ3         | 139 470          | 56 593                                       | 40,6                                          |
| ГПУ4         | 28 487           | 19 963                                       | 70,1                                          |
| ГПУ5*        | —                | 1 422 072                                    | —                                             |
| Всего        | 280 751          | 136 291                                      | 48,55                                         |

\* — В ГПУ 5 данные о стоящих на учете не указаны по причине постоянного пополнения данных Госрегистра

изменяется с течением времени в силу ряда причин (снятие с учета, смерти, миграции и т.д.). Наибольшая доля выбывших из-под наблюдения лиц отмечается среди эвакуированного населения 67,1 %. В группе ликвидаторов последствий катастрофы на ЧАЭС убыль стоящих под наблюдением лиц составила 54,4 %. Следует отметить, что в последнее время проводится постоянное пополнение ГПУ 5, что ведет к ежегодному увеличению ее численности в базе данных Госрегистра.

Следует отметить, что в когортах пострадавшего населения отмечается постарение стоящих на учете лиц. На рис. 1 приведена динамика медианы возраста населения ГПУ 1–4 с 1986 по 2014 гг. Как показано на рисунке, в период с 1986 по 1993 гг. отмечается некоторое снижение медианы возраста в ГПУ 1–3, что может быть связано с регистрацией новых лиц и формированием регистра. Наиболее выраженное постарение наблюдается в когорте ликвидаторов с 41,0 [30,0; 50,0] года в 1986 г. до 59,0 [54,0; 66,0] лет в 2014 г., в группе эвакуированного населения произошло снижение медианы возраста с 54,0 [16,0; 65,0] лет в 1986 г. до 39,0 [17,0; 68,0] лет в 1993 г. и последующим ростом до 43,0 [34,0; 55,0] лет в 2014 г. У лиц из ГПУ 3, наблюдалась похожая картина: снижение медианы возраста с 55,0 [36,0; 64,0] лет в 1986 г. до 37,0 [19,0; 61,0] лет в 1993 г. и последующим ростом до 42,0 [30,0; 56,0] лет в 2014 г. В ГПУ 4 происходило естественное постепенное уве-

личение медианы возраста с 0,0 лет в 1986 г. до 17,0 [9,0; 23,0] лет в 2014 г.

При анализе первичной заболеваемости за 30-летний период наблюдается тенденция к постепенному снижению этого показателя. Так, первичная заболеваемость взрослого населения, пострадавшего от катастрофы на ЧАЭС, в 2014 г. по сравнению с 2013 г. снизилась на 7,5 % и составила 48368 на 100 тыс. населения (2013 г. — 52307). Снижение первичной заболеваемости среди взрослого населения регистрировалось во всех ГПУ. Снижение первичной заболеваемости было достигнуто по большинству классов болезней, особенно, социально значимых: болезни системы кровообращения (–4,2 %), болезни органов дыхания (–9,5 %), болезни крови, кроветворных органов (–4,6 %) и др. Исключение составили: инфекционные и паразитарные болезни (+3,9 %) и новообразования (+3,5 %) заболеваемость которыми увеличилась.

В 2014 г. по сравнению с 2013 г. первичная заболеваемость детей, пострадавших от катастрофы на ЧАЭС, уменьшилась на 2,5 % и составила 155138 на 100 тыс. (2013 г. — 159 037). Достигнуты положительные результаты в снижении первичной детской заболеваемости: болезнями крови, кроветворных органов (–13,5 %), психическими расстройствами (–5,8 %), болезнями эндокринной системы (–12,7 %), болезнями системы кровообращения (–4,9 %), болезнями органов пищеварения (–1,3 %).



Рис. 1. Динамика медианы и 25 % и 75 % квартилей возраста пострадавшего населения с 1986 по 2014 гг.

При анализе структуры первичной заболеваемости всего пострадавшего населения можно сделать вывод об отсутствии различий со структурой заболеваемости всего населения Республики Беларусь: на первом месте находятся болезни органов дыхания (49,4 %), на втором — травмы и отравления (9,3 %) и на третьем — болезни костно-мышечной системы (6,1 %).

Показателем распространенности заболеваний являются данные общей заболеваемости. По республике за последние 5 лет отмечается снижение общей заболеваемости пострадавшего населения: темп прироста с 2009 по 2014 г. составил –8,4 %.

В 2014 г. в структуре общей заболеваемости на первом ранговом месте находились болезни органов дыхания — 37431 на 100 тыс. населения (40882 в 2013 г.), на втором месте — болезни системы кровообращения — 28990 (28763 в 2013 г.), на третьем месте — болезни костно-мышечной системы 12692 (12471 в 2013 г.).

Снижение показателя общей заболеваемости сопровождалось также и снижением показателя первичной заболеваемости. С 2009 по 2014 г. среди населения, пострадавшего от катастрофы на ЧАЭС, темп прироста первичной заболеваемости составил –19,7 %. Отрицательный прирост первичной заболеваемости отмечался во всех регионах, при этом максимальное снижение отмечено в г. Минске (–36,8 %), Витебской (–23,2 %) и Гомельской областях (–21,3 %).

Одним из основных показателей, характеризующих состояние здоровья населения является показатель смертности. В связи с тем, что население, отнесенное к ГПУ 1–4, представлено лицами различных возрастных групп, был проведен анализ стандартизованных по возрасту соотношений смертности (SMR) в динамике с 2000 по 2014 гг. (рис. 2).

Как видно из рис. 2, смертность пострадавшего населения не превышает общереспубликанский уровень, а в когорте ликвидаторов является ниже популяционной (в 2014 г. SMR = 0,98 (0,93–1,03)). По данным 2014 г., стандартизованные показатели смертности пострадавшего населения составляли для ГПУ 1 — 631,7; для ГПУ 2 — 582,8 и для ГПУ 3 — 618,9 на 100 тыс. населения. Смертность в ГПУ 4 была довольно низка (порядка 10 случаев в год или 75,2 на 100 тыс. населения). Приведенные данные свидетельствуют об эффективности проводимых в стране мероприятий по оказанию медицинской помощи пострадавшему населению. В структуре смертности как пострадавшего населения ГПУ 1–3, так и по Республике Беларусь в целом первое место занимают причины, связанные с заболеваниями сердечно-сосудистой системы (59,0 % в 2014 г.), онкологическими заболеваниями (17,1 %) травмами, отравлениями и внешними причинами (5,3 %).

В первое время после аварии прогнозировался рост числа онкологических заболеваний у граждан Республики Беларусь [5]. По данным Госрегистра, за период с 1986 по 2014 гг. в группах пострадавшего населения установлено 19 086 случаев злокачественных

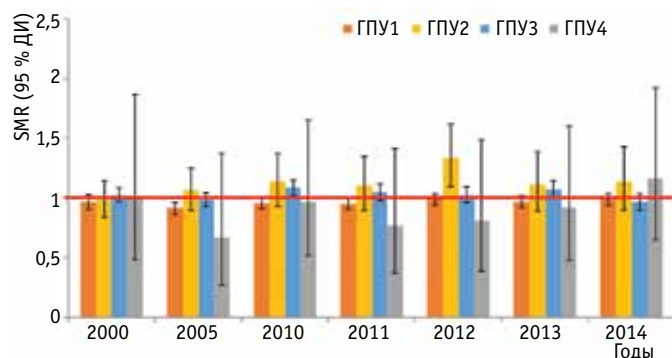


Рис. 2. Динамика стандартизованных по возрасту соотношений смертности от всех причин и 95 % доверительных интервалов (ГПУ 1–4, 2000–2014 гг.)

новообразований (табл. 2). В структуре онкологической заболеваемости в ГПУ 1 за весь послеаварийный период наблюдения на первых местах находились злокачественные новообразования легких (15,0 %), кожи (10,1 %), желудка (9,9 %) и предстательной железы (7,4 %). В ГПУ 2: злокачественные новообразования щитовидной железы (14,4 %), кожи (13,2 %), желудка (11,6 %), легких (8,2 %) и молочной железы (7,0 %). У лиц, отнесенных к ГПУ 3: злокачественные новообразования легких (12,0 %), кожи (11,6 %), желудка (11,1 %) и молочной железы (7,7 %). Лица, отнесенные к ГПУ 4, имели минимальные показатели заболеваемости злокачественными новообразованиями в силу молодого возраста, в структуре заболеваемости у них на первых местах находились злокачественные новообразования крови (лимфолейкоз — 21,9 %, миелолейкоз — 7,3 %, болезнь Ходжкина — 6,3 %), щитовидной железы (17,7 %) и головного мозга (12,5 %), которые характерны для пациентов молодого возраста. Главным отличием структуры заболеваемости пострадавшего населения от популяции Республики Беларусь в целом является то, что у нее на первых местах находятся злокачественные новообразования щитовидной железы, а в остальном структура заболеваемости близка к популяционной.

В табл. 2 приведены показатели стандартизованного по возрасту соотношения заболеваемости, скорректированные по полу и месту жительства за весь период наблюдения. Как видно из таблицы, за весь период можно отметить статистически значимые различия для следующих злокачественных новообразований:

1. В ГПУ 1: достоверно высокий риск отмечался для злокачественных новообразований, щитовидной железы (SIR = 3,10 (2,83–3,41)) и злокачественных новообразований крови и лимфатической системы, в т.ч. все лейкозы (SIR = 1,50 (1,40–1,70), лимфома Ходжкина (SIR = 1,6 (1,22–1,96)), множественная миелома (SIR = 1,30 (1,02–1,6)). Среди лейкозов достоверно высокий риск отмечался для целого ряда нозологических форм: острый лимфобластный лейкоз (SIR = 1,70 (1,15–2,53)), хронический лимфоцитарный лейкоз (SIR = 1,40 (1,24–1,67)), хронический миелоци-

Таблица 2

**Распределение количества случаев злокачественных новообразований (Н), SIR показателей и 95 %-доверительных интервалов (95 %ДИ) по группам первичного учета**

| Локализация (МКБ 10)                                                  | ГПУ 1 |                   | ГПУ 2 |                  | ГПУ 3 |                   | ГПУ 4 |                  |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|-------------------|-------|------------------|-------|-------------------|-------|------------------|
|                                                                       | Н     | SIR (95 % ДИ)     | Н     | SIR (95 % ДИ)    | Н     | SIR (95 % ДИ)     | Н     | SIR (95 % ДИ)    |
| Желудок (C16)                                                         | 1130  | 1 (0,97–1,1)      | 96    | 1 (0,79–1,19)    | 744   | 0,9 (0,84–0,98)*  | 0     | 0 (0–10,1)       |
| Ободочная кишка (C18)                                                 | 549   | 1 (0,93–1,1)      | 21    | 0,6 (0,36–0,88)* | 260   | 0,7 (0,63–0,8)*   | 0     | 0 (0–17,21)      |
| Ректосигмоидное соединение (C19)                                      | 119   | 1 (0,85–1,23)     | 3     | 0,4 (0,09–1,26)  | 43    | 0,6 (0,44–0,81)*  | 0     | 0 (0–213,1)      |
| Прямая кишка (C20)                                                    | 411   | 1,1 (0,96–1,17)   | 24    | 0,8 (0,48–1,12)  | 208   | 0,7 (0,65–0,85)*  | 1     | 7,1 (0,18–39,42) |
| Печень и внутрипеченочные желчные протоки (C22)                       | 89    | 0,8 (0,6–0,93)*   | 8     | 0,9 (0,38–1,73)  | 59    | 0,7 (0,56–0,95)*  | 1     | 1,7 (0,04–9,32)  |
| Бронхи и легкие (C34)                                                 | 1714  | 0,9 (0,87–0,95)*  | 68    | 0,9 (0,67–1,09)  | 806   | 0,9 (0,84–0,97)*  | 0     | 0 (0–11,11)      |
| Кожа (C44)                                                            | 1151  | 0,9 (0,88–0,99)*  | 109   | 1 (0,8–1,17)     | 784   | 0,8 (0,75–0,86)*  | 0     | 0 (0–4,14)       |
| Молочная железа (C50)                                                 | 379   | 0,9 (0,84–1,04)   | 58    | 0,9 (0,71–1,21)  | 516   | 0,8 (0,76–0,9)*   | 0     | 0 (0–13,88)      |
| Предстательная железа (C61)                                           | 844   | 1 (0,93–1,06)     | 20    | 0,8 (0,52–1,31)  | 226   | 0,8 (0,66–0,86)*  | 0     | 0 (0–87,07)      |
| Яичко (C62)                                                           | 26    | 1 (0,64–1,45)     | 4     | 2,7 (0,73–6,88)  | 10    | 0,5 (0,26–0,99)*  | 3     | 2,4 (0,5–7,04)   |
| Почка (C64)                                                           | 606   | 1,1 (1,0–1,23)    | 13    | 0,7 (0,36–1,15)  | 170   | 0,7 (0,6–0,81)*   | 5     | 2,2 (0,73–5,23)  |
| Мочевой пузырь (C67)                                                  | 436   | 1,1 (1,0–1,21)    | 20    | 1 (0,58–1,47)    | 187   | 0,9 (0,77–1,03)   | 2     | 7,3 (0,88–26,3)  |
| Головной мозг (C71)                                                   | 151   | 1,2 (1–1,38)      | 7     | 1,1 (0,43–2,18)  | 75    | 0,9 (0,7–1,12)    | 12    | 1,5 (0,78–2,63)  |
| Щитовидная железа (C73)                                               | 447   | 3,1 (2,83–3,41)*  | 119   | 8,1 (6,75–9,75)* | 380   | 2,2 (2,03–2,49)*  | 17    | 2,2 (1,31–3,6)*  |
| Лимфома Ходжкина (C81.0–C81.9)                                        | 73    | 1,6 (1,22–1,96)*  | 9     | 1,6 (0,75–3,1)   | 65    | 1,1 (0,85–1,4)    | 6     | 0,8 (0,3–1,77)   |
| Множественная миелома (C90)                                           | 82    | 1,3 (1,02–1,6)*   | 3     | 0,9 (0,19–2,63)  | 27    | 0,7 (0,47–1,04)   | 0     | 0 (0–84,03)      |
| Неходжкинские лимфомы (C82.0–C85.9, C96)                              | 168   | 1,1 (0,98–1,34)   | 7     | 0,7 (0,29–1,5)   | 93    | 0,9 (0,75–1,14)   | 3     | 0,8 (0,17–2,4)   |
| Острый лимфобластный лейкоз (C91.0)                                   | 27    | 1,7 (1,15–2,53)*  | 1     | 0,5 (0,01–2,69)  | 18    | 0,8 (0,45–1,2)    | 21    | 2,5 (1,57–3,88)* |
| Острый миелобластный лейкоз (C92.0, C93.0, C94.0, C94.2, C94.4–C94.5) | 45    | 1,1 (0,77–1,42)   | 1     | 0,4 (0,01–2,02)  | 29    | 0,9 (0,63–1,36)   | 6     | 3,1 (1,13–6,68)* |
| Хронический лимфоцитарный лейкоз (C91.1)                              | 180   | 1,4 (1,24–1,67)*  | 12    | 1,5 (0,76–2,59)  | 74    | 0,9 (0,74–1,19)   | 0     | 0 (0–237,91)     |
| Хронический миелоцитарный лейкоз (C92.1, C93.1, C94.1)                | 102   | 2 (1,6–2,39)*     | 7     | 2,1 (0,86–4,39)  | 42    | 1,2 (0,89–1,67)   | 2     | 3,8 (0,46–13,67) |
| Все лейкозы (C91–C95)                                                 | 406   | 1,5 (1,4–1,7)*    | 26    | 1,2 (0,79–1,78)  | 196   | 1 (0,83–1,1)      | 29    | 2,4 (1,64–3,51)* |
| Все злокачественные (C00–C97)                                         | 11431 | 1,05 (1,04–1,07)* | 828   | 1,1 (1,03–1,18)* | 6731  | 0,92 (0,9–0,94)*  | 96    | 1,6 (1,31–1,97)* |
| Все злокачественные без щитовидной железы                             | 10984 | 1,02 (1,01–1,05)* | 709   | 0,97 (0,89–1,04) | 6351  | 0,88 (0,86–0,91)* | 79    | 1,5 (1,2–1,89)*  |

Примечание: \* $p < 0,05$

тарный лейкоз (SIR = 2,0 (1,60–2,39)). В то же время, риск заболеть злокачественными новообразованиями печени (SIR = 0,8 (0,60–0,93)), бронхов и легких (SIR = 0,90 (0,87–0,99)) и кожи (SIR = 0,90 (0,88–0,99)) у ликвидаторов был значимо ниже популяционного. При этом риск развития всех злокачественных новообразований был значимо выше популяционного (SIR = 1,05 (1,04–1,07)).

2. В ГПУ 2: достоверно высокий риск отмечался только для злокачественных новообразований щитовидной железы (SIR = 8,1 (6,75–9,75)). Риск для всех злокачественных новообразований был значимо выше популяционного (SIR = 1,1 (1,03–1,18)), однако при исключении рака щитовидной железы риск развития злокачественных новообразований в этой когорте не отличался от популяционного (SIR = 0,97 (0,89–1,04)).

3. В ГПУ 3 достоверно высокий риск отмечался для злокачественных новообразований только щитовидной железы (SIR = 2,2 (2,03–2,49)). При этом риск заболеть всеми злокачественными новообразованиями был значимо ниже популяционного (SIR = 0,9 (0,86–0,91)). Низкий риск развития злокачественных новообразований в этой категории пострадавшего на-

селения объясняется малым, по сравнению с ожидаемым, числом наблюдаемых случаев злокачественных новообразований основных локализаций, таких как желудок, ободочная кишка, прямая кишка, ректосигмоидное соединение, печень, легкие, кожа, молочная железа, предстательная железа и яичко (табл. 2).

4. В ГПУ 4 достоверно высокий риск отмечался для злокачественных новообразований щитовидной железы (SIR = 2,2 (1,31–3,6)) и всех лейкозов (SIR = 2,4 (1,64–3,51)), за счет острого лимфобластного (SIR = 2,5 (1,57–3,88)) и миелобластного лейкозов (SIR = 3,1 (1,13–6,68)).

По данным многих исследований, доказан радиационно-индуцированный характер избыточной заболеваемости раком щитовидной железы у облученных радиоизотопами йода в детском и подростковом возрасте [5, 6]. Проведенный ретроспективный эпидемиологический анализ за период с 1978 по 2014 гг. показал резкий рост заболеваемости раком щитовидной железы в первые годы после аварии, который продолжался у взрослого населения до 2003 г., после чего в республике отмечалась тенденция к стабилизации показателя заболеваемости данной локализацией рака (рис. 3). За

этот период заболеваемость взрослого населения раком щитовидной железы увеличилась более чем в 7 раз. У детей отмечался всплеск заболеваемости раком щитовидной железы с 1990 по 2001 гг., после чего произошло снижение заболеваемости до показателей, близких к уровню 1985 г. Пик заболеваемости детей в возрасте 0–14 лет был показан в 1995–1996 гг., когда уровень заболеваемости по отношению к 1986 г. увеличился в 40 раз. Следует отметить, что дети в возрасте 0–14 лет в 2001 г. и позже — это лица, рожденные после 1987 г., наименее подверженные воздействию радиоактивного йода. Наиболее высокая заболеваемость раком щитовидной железы отмечалась в пострадавших регионах Гомельской, Могилевской и Брестской областей [7].

Как было отмечено выше, статистически значимо высокий риск развития злокачественных новообразований был отмечен только для рака щитовидной железы во всех анализируемых группах пострадавшего населения. При этом высокий риск отмечался и в ГПУ 4, которая практически не подвергалась воздействию радиоактивного йода. В связи с этим был проведен анализ заболеваемости раком щитовидной железы в динамике. На рис. 4 приведена динамика стандартизованных по возрасту соотношений заболеваемости раком щитовидной железы в различных ГПУ. Как следует из рисунка, достоверно высокий показатель заболеваемости раком щитовидной железы по сравнению с популяционным уровнем заболеваемости начал отмечаться уже в периоде 1986–1989 гг. в группе эвакуированного населения. В последующие годы статистически значимый высокий риск отмечался в ГПУ 1–3, достигая своего максимума в 1990-х гг. При этом наиболее высокий показатель заболеваемости

отмечался в ГПУ 2. Риск развития рака щитовидной железы в ГПУ 4 статистически значимо, в 5 раз, превышал популяционный уровень только в 2005–2009 гг. ( $SIR = 5,0$  (2,42–9,27)). Данный результат базировался на 10 случаях рака у пациентов, рожденных с 1988 по 1993 гг., т.е. после полного распада радиоактивного  $I^{131}$ . Всего в ГПУ 4 было отмечено 17 случаев рака щитовидной железы (табл. 2). В то же время следует отметить, что в последние 5 лет риск развития рака щитовидной железы во всех группах пострадавшего населения уменьшился до популяционного уровня.

На основе рассчитанных индивидуализированных доз (ИД) проведен радиационно-эпидемиологический анализ заболеваемости в группах лиц с рассчитанными дозами. На рис. 5 приведены зависимости показателя  $SIR$  для рака щитовидной железы от ИД на щитовидную железу (ЩЖ) для мужчин и женщин. Как видно из рисунка, достоверно высокий риск заболеваемости раком ЩЖ отмечается во всех категориях, при этом у женщин отмечается достоверная положительная корреляционная зависимость между дозой и показателем  $SIR$  (коэффициент корреляции Спирмена  $r_s = 0,82$ ;  $p = 0,04$ ), у мужчин отмечается корреляционная связь средней силы, однако статистически незначимая (коэффициент корреляции Спирмена  $r_s = 0,6$ ;  $p = 0,2$ ). При этом в целом показатель  $SIR$  выше у мужчин, чем у женщин.

Вопреки ожиданиям, в Республике Беларусь за 30-летний период не наблюдалось значительного роста заболеваемости лейкозами. С 1991 по 2014 гг. стандартизованный показатель заболеваемости лейкозами (МКБ 10: C91–C95) практически не менялся и в 2014 г. равнялся 7,8 случаям на 100 тыс., среднегодовой темп

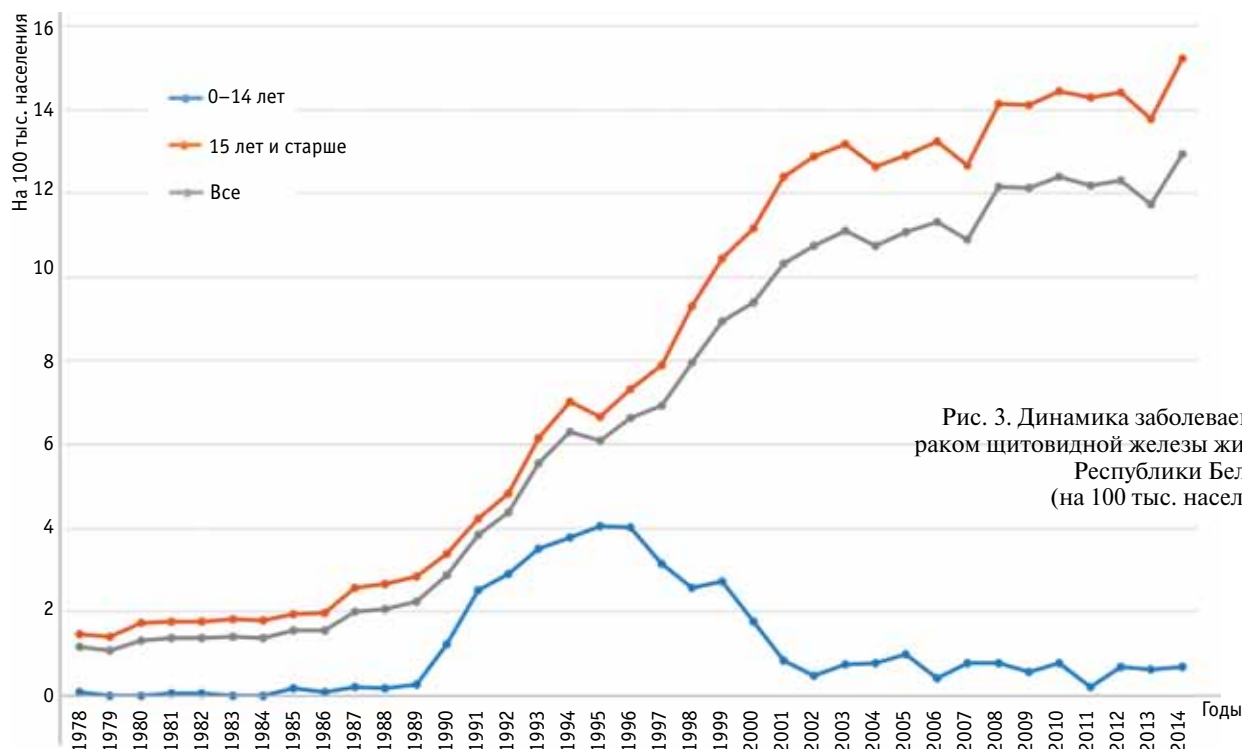


Рис. 3. Динамика заболеваемости раком щитовидной железы жителей Республики Беларусь (на 100 тыс. населения)

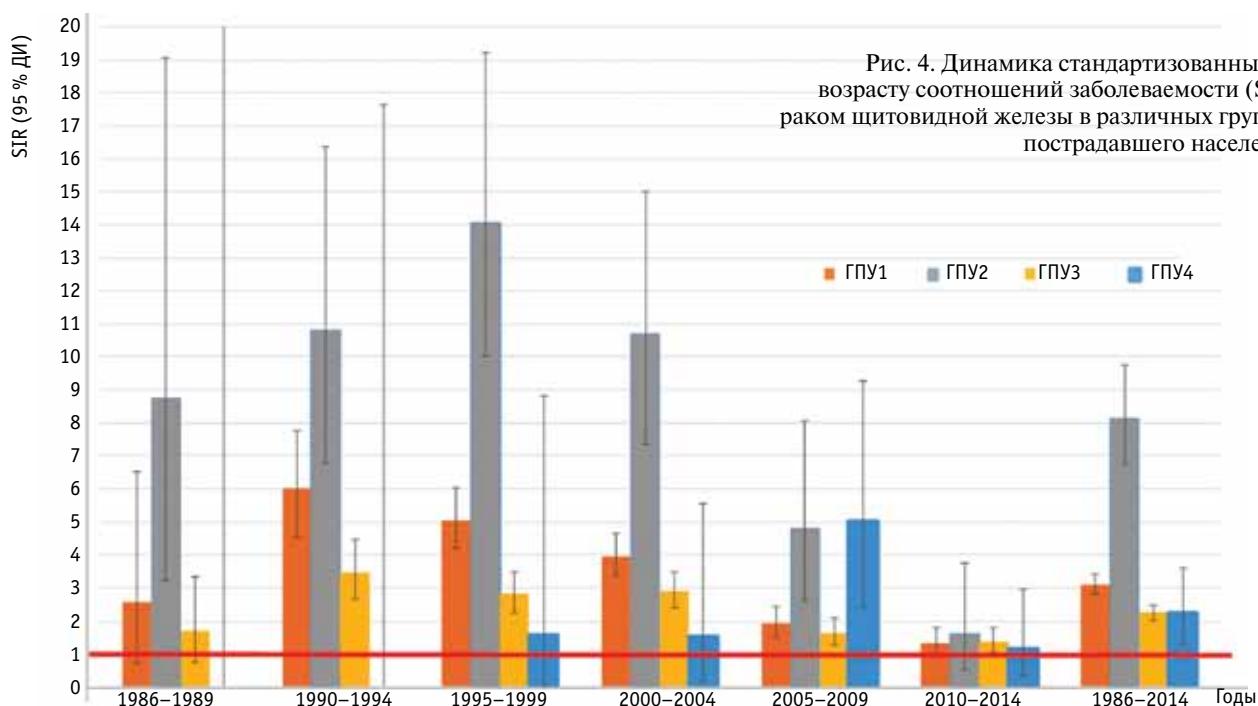


Рис. 4. Динамика стандартизованных по возрасту соотношений заболеваемости (SIR) раком щитовидной железы в различных группах пострадавшего населения

прироста заболеваемости лейкозами за этот период равнялся 0,3 %. На рис. 6 приведена динамика стандартизованных по возрасту соотношений заболеваемости лейкозами в различных группах пострадавшего населения. Более высокий показатель заболеваемости лейкозами, по сравнению с популяционным уровнем, начал отмечаться уже в период 1986–1989 гг. в группе ликвидаторов. В последующие годы риск заболеваемости лейкозами в когорте ликвидаторов снижался, продолжая оставаться значимо выше популяционного вплоть до настоящего времени (в 2010–2014 гг. SIR = 1,36 (1,10–2,29). При этом основной вклад в риск развития лейкозов у ликвидаторов в течение всего анализируемого периода внесли хронические миелоцитарные и лимфоцитарные лейкозы. У населения, эвакуированного и проживающего на территории ра-

диоактивного загрязнения (ГПУ 2–3), за последние 30 лет риск заболеваемости лейкозами не отличался от популяционного уровня. В то же время обращает на себя внимание статистически значимое превышение риска заболеть лейкозами у лиц, отнесенных к ГПУ 4 в 1995–1999 гг. (SIR = 3,3 (1,34–6,87)) и 2005–2009 гг. (SIR = 3,2 (1,48–6,13)).

При анализе связи между риском заболеть лейкозами и ИД на красный костный мозг и окружающую костную ткань значимой корреляционной зависимости между ИД и SIR не отмечалось (коэффициент корреляции Спирмена  $r_s = -0,54$ ;  $p = 0,32$ ).

## Выводы

1. Начиная с 1991 г. действует закреплённая нормативно-правовыми актами система диспансеризации пострадавшего населения, предусматривающая в т.ч. и углубленное медицинское обследование населения. Так, из более чем 1,5 млн населения, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях и подлежащего диспансерному наблюдению, ежегодно обследуются более 98 %, при этом детского населения – 100 %. Очевидно, что грамотно построенная система медицинского наблюдения обеспечила раннюю диагностику, своевременное лечение и реабилитацию заболеваний у различных категорий пострадавшего населения, что, в свою очередь, позволило стабилизировать основные показатели заболеваемости и смертности на среднереспубликанских значениях.

2. Заболеваемость злокачественными новообразованиями у пострадавшего населения в целом незначительно превышает популяционные уровни. Повышенные уровни заболеваемости практически

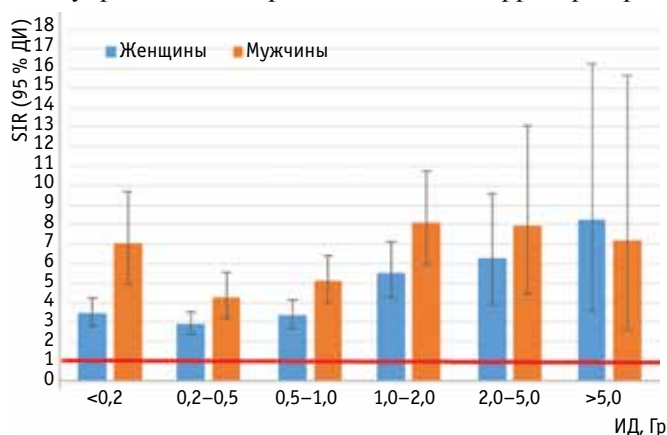
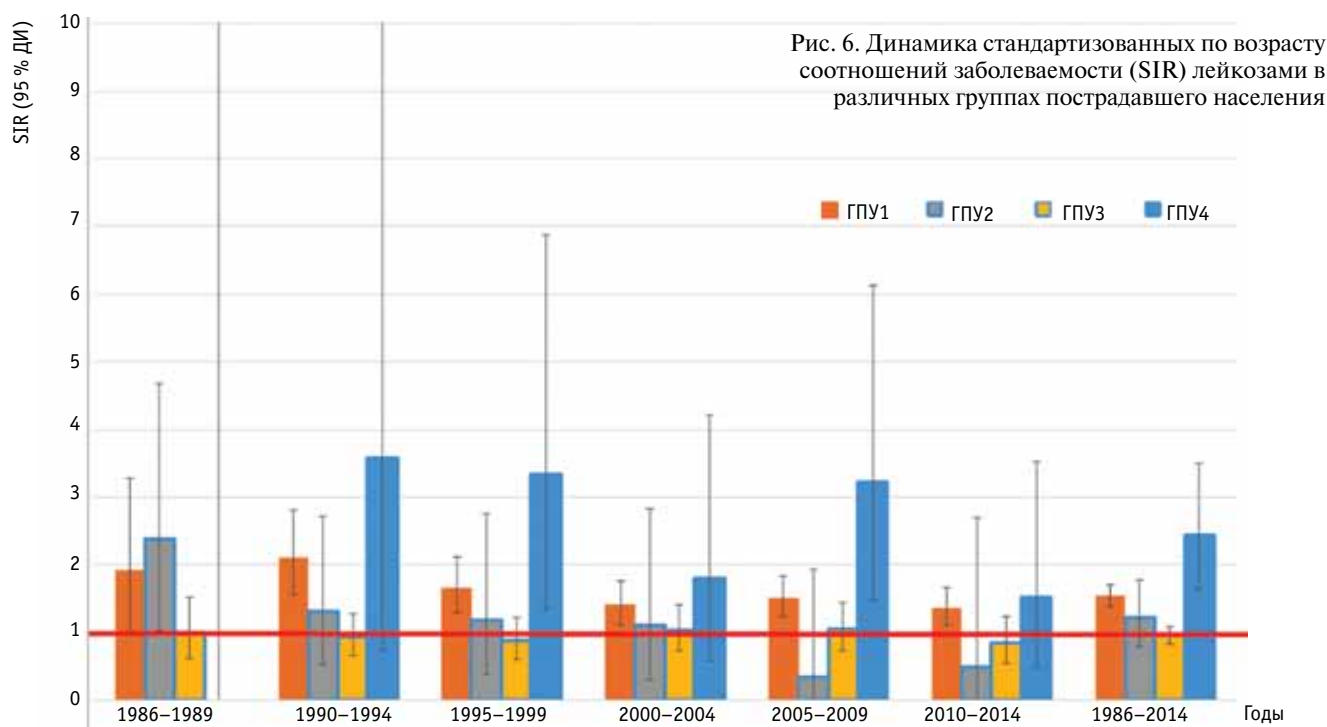


Рис. 5. Зависимости показателя SIR для рака щитовидной железы от ИД на щитовидную железу для мужчин и женщин



во всех временных интервалах отмечались для рака щитовидной железы (во всех ГПУ) и всех лейкозов (в ГПУ 1). При этом следует отметить, что за последние 5 лет произошло снижение риска заболеть раком щитовидной железы во всех ГПУ до популяционного уровня. В то же время, для ряда локализаций риск развития злокачественных новообразований был значимо ниже популяционного (особенно в ГПУ 3). Не было отмечено высокого риска развития злокачественных новообразований для таких распространенных нозологических форм, как рак легкого, желудка, молочной железы и кожи. Полученные данные по риску развития злокачественных новообразований послужат основой для уточнения перечня заболеваний, причинно-связанных с катастрофой на ЧАЭС.

3. Особый интерес для будущих исследований представляет наблюдения за группами лиц, облученных в детском возрасте, в которых на данный момент начинает нарастать количество хронических заболеваний, что возможно, позволит в перспективе сформировать новые группы повышенного радиационного риска для последующего оказания адресной медицинской помощи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chernobyl Forum. Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts and Recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine / The Chernobyl Forum: 2003–2005. – Vienna. IAEA. 2006.
2. Breslow N.E., Day N.E. Statistical methods in cancer research. The Design and Analysis of Cohort Studies. – Lyon: IARC. 1987. V. 2. 404 pp.

3. Метод реконструкции индивидуализированных накопленных эквивалентных доз облучения красного костного мозга включенных в Государственный регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий. РНПЦ РМиЭЧ. Сост. А.В. Рожко и др. Рег. № 096-0914. Минск. 2014. 14 с.
4. Метод реконструкции индивидуализированных поглощенных доз облучения щитовидной железы включенных в Государственный регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на чернобыльской АЭС, других радиационных аварий. РНПЦ РМиЭЧ. Сост. А.В. Рожко и др. Рег. № 093-0914. Минск. 2014. 5 с.
5. Биологические эффекты при облучении в малых дозах. Источники и эффекты ионизирующего излучения. Отчет НКДАР ООН 2000 г. на Генеральной ассамблее ООН с научными приложениями. Т. 2: Эффекты (Ч. 3). Пер. с англ. – М.: РАДЭКОН. 2000. 215 с.
6. Ron E. et al. Thyroid cancer after exposure to external radiation: a pooled analysis of seven studies // Radiat. Res. 1995. № 141. P. 259–277.
7. Залуцкий И.В., Аверкин Ю.И., Артемова Н.А., Машевский А.А. Эпидемиология злокачественных новообразований в Беларуси. – Минск: «Зорны верасень». 2006. 207 с.

Поступила 09.03.2016

Принята к публикации: 22.03.2016

**Н.М. Оганесян, Н.Р. Давидян, А.Г. Карапетян, К.В. Асрян,  
М.И. Мириджанян, М.Г. Шахмурадян**

## **ЭПИДЕМИОЛОГИЯ МЕДИЦИНСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС. К 30-ЛЕТИЮ АВАРИИ**

**N.M. Oganessian, N.R. Davidyan, A.G. Karapetyan, K.V. Asryan,  
M.I. Mirijanyan, M.G. Shahmuradyan**

### **Epidemiology of Medical Consequences of Chernobyl NPP Accident: 30 Years after**

РЕФЕРАТ

ABSTRACT

**Цель:** Изучение отдаленных медицинских последствий у жителей Армении, принимавших участие в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

**Материал и методы:** В ликвидации последствий аварии на ЧАЭС приняли участие более 3 тыс. жителей Армении. Долгосрочный мониторинг за состоянием здоровья этой когорты вот уже 30 лет осуществляется в Научном центре радиационной медицины и ожогов Минздрава Республики Армения путем изучения на всех этапах наблюдения на основе разработанного в Центре Республиканского регистра «Чернобыль».

**Результаты:** Установлено, что показатели здоровья ликвидаторов ухудшались в течение всего периода наблюдений. Выявлен значительный рост заболеваний сердечно-сосудистой и нервной систем, желудочно-кишечного тракта, органов дыхания, опорно-двигательного аппарата и др., обусловленный взаимодействием радиационных и различных нерадиационных факторов. Среднее число диагнозов на одного ликвидатора за прошедшие годы увеличилось с 1–2 в 1987 г. до 7–8 в последние годы. Выявлены ускоренные темпы биологического старения и снижение показателей качества жизни ликвидаторов, которые уступают среднестатистическим нормативам как по шкалам физического и психического здоровья, так и социального благополучия.

**Выводы:** Результаты длительных научно-медицинских исследований, проведенных в Армении, не утешительны и свидетельствуют о том, что ликвидаторы последствий аварии на ЧАЭС, как и прежде, нуждаются в особом медицинском и социальном внимании. Вопросы их лечения, психологической и социальной реабилитации, по-прежнему, остаются актуальными.

**Ключевые слова:** радиационная авария, Чернобыльская АЭС, медицинские последствия, ликвидаторы, качество жизни, Армения

**Purpose:** The study of the delayed health effects in residents of Armenia, who participated in the liquidation of Chernobyl NPP accident consequences.

**Material and Methods:** Above 3 000 residents of Armenia took part in liquidation of the Chernobyl accident after-effects. For 30 years the long-term monitoring of the health status in this cohort was carried out in the Scientific Center for Radiation Medicine and Burns (Ministry of Health of the Republic of Armenia) with the help of a comprehensive study of all stages of observation on the basis of "National Register of Chernobyl" developed in the Center.

**Results:** It was found that health indicators have worsened in liquidators during the entire observation period. A significant increase in diseases of the cardiovascular and nervous system, gastrointestinal tract, respiratory system, musculoskeletal system, etc. were revealed to be caused by the interaction of radiation and a variety of non-radiation factors. The average number of diagnoses per liquidator in the past years has increased from 1–2 in 1987 to 7–8 during recent years. We revealed the accelerated pace of biological aging and the decline in quality of life indices in liquidators; coefficients are below the average standards both on the scales of physical health, and mental and social well-being.

**Conclusions:** The results of long-term scientific and medical studies conducted in Armenia are not encouraging and signify that the liquidators of the Chernobyl NPP accident, as before, are in need of special medical and social attention. Issues related to their treatment, psychological and social rehabilitation still remain relevant.

**Key words:** radiation accident, Chernobyl nuclear power plant, medical consequences, liquidators, quality of life, Armenia

### **Введение**

Радиационная авария на ЧАЭС имела серьезные радиационные медицинские и социально-экономические последствия, не только для Украины, Белоруссии и России. Она оказалась небезразличной и для Армении, около 3 тыс. жителей которой принимали участие в ликвидации последствий этой аварии и составили большую группу риска.

Решением Правительства Армении контроль за состоянием здоровья этой группы лиц был возложен на Научный центр радиационной медицины и ожогов МЗ РА, где они и находятся на диспансерном наблюдении в течение 30 лет, прошедших после аварии. Интерес к изучению этой когорты ликвидаторов об-

условлен не только общими для всех пострадавших стран факторами аварии (радиационными и нерадиационными), но и факторами, специфическими для жителей Армении, такими как национальная принадлежность, географическое место проживания, происходившее в 1990-е гг. переустройство социально-экономической системы, последствия Спитакского землетрясения и связанные с этим резкое ухудшение жизненного уровня людей, потеря работы, ухудшение питания. Если к этому добавить отсутствие в те годы электроэнергии, массовое употребление алкоголя и курения среди ликвидаторов, то становится очевидным мультифакторное влияние на состояние здоровья не только радиационных, но и различных нерадиационных факторов.

Научный Центр Радиационной Медицины и Ожогов МЗ РА.  
Ереван. Армения. E-mail: ncrmio@web.am

Scientific Center of Radiation Medicine and Burns. Yerevan,  
Armenia. E-mail: ncrmio@web.am

## Материал и методы

Под диспансерным и клиническим наблюдением уже 30 лет в базе данных нашего Центра находится 2454 ликвидаторов чернобыльской аварии. Республиканский регистр «Чернобыль» был создан на основе Всесоюзного регистра МРНЦ в 1992 г., по данным которого средняя поглощенная доза облучения ликвидаторов составила 125 мГр, более 44 % ликвидаторов получили дозы от 100 до 250 мГр [1]. Наблюдение за ними проводится по разработанной нами 3-ступенчатой системе, включающей диспансерный, стационарный и реабилитационный этапы. Возраст ликвидаторов в период аварии был в пределах 20–55 лет: в возрасте 20–30 лет было 12,6 %; 31–40 лет – 32,7 %; 40–50 лет – 38,5 % и старше 50 лет – 16,2 %.

Основное количество ликвидаторов находилось в зоне аварии в 1986 г. – 51,2 %; в 1987 г. – 33,8 %; в 1988 г. – 14,3 % и в 1989 г. – 0,7 %. Согласно полученным дозам все ликвидаторы были распределены на 3 группы: в первую были включены лица с дозой внешнего облучения (ДВО) до 100 мГр, во вторую – с дозой 100–200 мГр и в третью – более 200 мГр.

В ежегодных обследованиях ликвидаторов был использован весь арсенал современных клинико-лабораторных исследований. Исследование качества жизни (КЖ) проводилось в 2 группах ликвидаторов из 140 человек, отличающихся биологическим возрастом. Их средний возраст составил  $56,2 \pm 1,6$  года, а паспортизированная средняя доза облучения  $102,7 \pm 48,5$  мГр.

Определение биологического возраста (БВ) осуществляли по методике, разработанной Институтом геронтологии АМН СССР, которая получила широкое распространение среди исследователей и практикующих врачей и включала клинические и функциональные тесты [2]. Индекс преждевременного старения (ИПС) рассчитывали по формуле:

$$\text{ИПС} = (\text{БВ}/\text{КВ}) \cdot 100 \, \%.$$

Расчет БВ проводили по формуле:

$$\text{БВ} = 8,425 + 0,371\text{КВ} + 0,125\text{АДс} - 0,1493\text{ЗДВ} - 0,151\text{СБ} + 0,723\text{СОЗ},$$

где БВ – биологический возраст, КВ – календарный возраст, АДс – систолическое артериальное давление (в мм рт. ст.); ЗДВ – продолжительность задержки дыхания после глубокого вдоха (в сек); СБ – продолжительность статистической балансировки (в сек), СОЗ – субъективная оценка здоровья (в у.е.), которая проводилась соответственно Тест-анкете субъективной оценки уровня здоровья [3].

Для проведения опросов с автоматическим вычислением результирующих показателей КЖ в нашем Центре были разработаны: компьютерная програм-

ма, реализующая версию опросника SF-36 v2, и база данных, позволяющая сохранять результаты опросов, анкетные данные и результаты клинических, лабораторных и инструментальных исследований [4].

В опроснике SF-36 36 пунктов вопросов сгруппированы по восьми шкалам: физическое функционирование (PF), ролевое функционирование, обусловленное физическим состоянием (RF), интенсивность боли (BP), общее состояние здоровья (GH), жизненная активность (VT), социальное функционирование (SF), ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием (RE) и психическое здоровье (MH). В созданной нами компьютерной версии SF-36 для всех указанных шкал, наряду с первичными оценками, в соответствии с инструкциями SF-36, вычислялись также две стандартизированные оценки – Z и T (или NBS – Norm Based Scores). Последняя из них является нормированной оценкой и показывает результаты опроса относительно нормативных данных SF-36 [5]. В настоящей работе приводятся значения именно T оценок шкал КЖ, которые не только более информативны, но и весьма просты в интерпретации: 50 % – норма, больше 50 % – выше нормы и меньше 50 % – ниже нормы. Корректность расчетов верифицировали с помощью онлайн калькулятора, помещенного на сайте [www.SF-36.org](http://www.SF-36.org) [6].

Для выбора метода математической статистики, наиболее соответствующего изучаемому вопросу, мы вычисляли средние значения и достоверность различий между выборками по критерию Стьюдента, устанавливали по двум или большему сопряженным рядам чисел наличие корреляционной связи между признаками, определяли формы зависимости одного признака от другого. Исследование влияния определенных факторов на измеряемые величины производили с помощью дисперсионного факторного анализа. Был произведен также кластерный анализ материала эталонным методом кластеризации – методом К-средних. Анализ данных производили с помощью компьютерных программ: StatSoft, SPSS и StatGraphics Plus.

## Результаты и обсуждение

Результаты многолетних исследований показали, что патологические процессы у ликвидаторов чернобыльской аварии, сформировавшиеся, как правило, в результате длительного, но малоинтенсивного воздействия ионизирующей радиации (ИР), эволюционировали в дальнейшем на фоне патогенного влияния на организм множества нерадиационных факторов, приводящих к активации его компенсаторно-приспособительных механизмов, что в итоге привело к исчезновению симптоматики, характерной для острого радиационного воздействия [7–13]. Показатели здо-

ровья ликвидаторов ухудшались в течение всего периода наблюдения, что, в общем, соответствует литературным данным [1, 7, 9, 14, 15 и др.]. Сравнительный анализ показал, что, с одной стороны, отмечался значительный рост патологических состояний, которые не типичны для радиационных поражений и отражают морфофункциональные расстройства полиэтиологической природы в защитных и регуляторных системах организма, а, с другой стороны, выявлено увеличение отдельных заболеваний, которые можно рассматривать как радиационно-обусловленные.

У ликвидаторов имело место постепенное нарастание заболеваний нервной и сердечно-сосудистой систем (НС и ССС), желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), органов дыхания, опорно-двигательного аппарата и других органов (табл. 1). При этом установлено, что у 70 % ликвидаторов основное заболевание впервые было выявлено после работ по ликвидации аварии. Важно отметить, что число диагнозов на одного ликвидатора за прошедшие годы увеличилось с 1–2 в 1987 г. до 7–8 в последние годы.

Как видно из приведенных в табл. 1 данных, преобладающими у ликвидаторов являются нервные и нейрогенные расстройства, которые, постепенно нарастая, в общей структуре заболеваемости, в 2000–2005 гг. составили более 80 % и, по-видимому, в первые годы после аварии играли ведущую роль в соматизации заболеваний, в т.ч., кардиоваскулярных.

Результаты исследований показали, что в психическом статусе ликвидаторов наблюдаются некоторые отрицательные сдвиги: такие показатели, как реактивность процессов нейродинамики, тонус возбудительного процесса в ЦНС, уровни концентрации и утомляемости внимания, продуктивность краткосрочной памяти значительно уступают тем же показателям контрольной группы. Наблюдается также определенная напряженность в функционировании вегетативной нервной системы с преобладанием симпатического звена регуляции и с повышенной, не характерной для нормы, заинтересованностью подкорковых нервных центров.

У большинства больных с органической патологией (92 %) выявлены астенический и депрессивный синдромы, проявляющиеся выраженной слабостью, сонливостью, неустойчивостью настроения, снижением умственной работоспособности, расстройствами памяти, снижением сексуальной активности. ЭЭГ-показатели ликвидаторов свидетельствуют о десинхронизации биоэлектрической активности коры головного мозга с нарушением корково-подкорковых функциональных взаимоотношений. Доплерографически у них выявлено снижение мозгового кровотока, в большинстве случаев в вертебро-базиллярном бассейне, сочетающееся с

Таблица 1

**Динамика развития заболеваемости ликвидаторов, %**

| Системы заболеваемости      | Годы наблюдения |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|
|                             | 1987            | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 |
| Нервная система             | 32,0            | 60,4 | 78,0 | 84,6 | 68,0 | 69,2 | 68,1 |
| Сердечно-сосудистая система | 13,7            | 10,8 | 48,1 | 81,8 | 82,0 | 72,1 | 72,5 |
| Органы дыхания              | 15,0            | 26,1 | 39,0 | 57,0 | 76,0 | 47,7 | 42,4 |
| Органы пищеварения          | 16,3            | 30,8 | 27,4 | 59,4 | 55,0 | 40,1 | 38,7 |
| Опорно-двигательная система | 21,9            | 23,8 | 30,1 | 23,2 | 49,0 | 50,3 | 32,6 |
| Мочеполовая система         | 2,5             | 4,1  | 6,3  | 10,1 | 15,0 | 18,2 | 17,8 |
| Новообразования             | 0,1             | 0,2  | 1,3  | 2,5  | 3,0  | 3,4  | 3,7  |

остеохондрозом шейного отдела позвоночника. По данным других авторов [12, 14, 15] в структуре госпитальной заболеваемости ликвидаторов аварии ведущее место занимает также цереброваскулярная патология, которая характеризуется ранним развитием и тяжелым прогрессивным течением, часто приводящим к формированию психических нарушений и когнитивных расстройств.

В динамике наблюдений у ликвидаторов аварии выявлено также нарастание сердечно-сосудистых заболеваний – с 13,7 % в 1987 г. до 72,5 % в 2015 г. Причем, как и в случае с нервными заболеваниями, в данном случае также отмечается четкая зависимость от года пребывания ликвидаторов в зоне аварии, что опосредованно свидетельствует о дозовой зависимости заболеваемости (рис. 1), поскольку по данным Медицинского научного радиологического центра РАМН (Обнинск) и другим известно, что средняя доза внешнего облучения ликвидаторов была наибольшей в 1986 г. и составляла 168 мГр и в дальнейшем уменьшалась (в 1987 г. – 93 мГр и в 1988–1990 гг. – 33 мГр) [1, 12].

В то же время, анализ полученных результатов, в т.ч. и анамнестических, свидетельствует о том, что, по-видимому, одной из основных причин, способствующих росту заболеваний ССС и смертности, является состояние хронического стресса.

Известно [10, 12, 15 и др.], что психоэмоциональное напряжение часто является пусковым механизмом в развитии приступов стенокардии, инфаркта миокарда и других заболеваний. Психический стресс еще более снижает потенциал реактивности организма больного ИБС, способствует нарушению холестеринового гомеостаза и повышению артериального давления, нарушению согласованности во

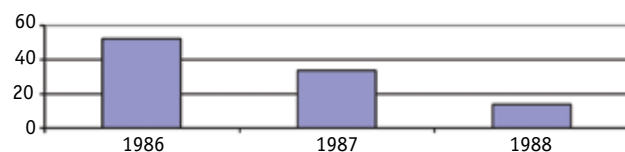


Рис. 1. Зависимость заболеваний сердечно-сосудистой системы от года пребывания в зоне ЧАЭС, %

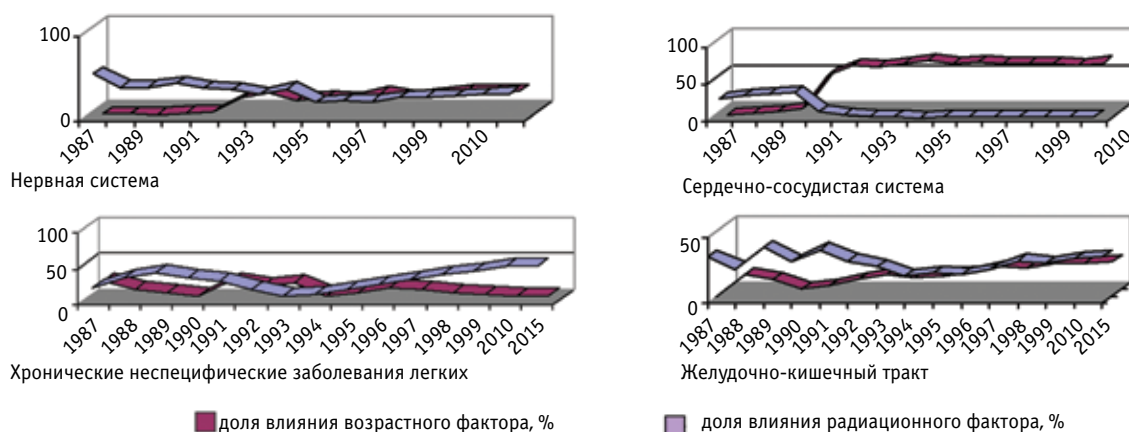


Рис. 2. Изменение значений долей влияния радиационного и нерадиационного факторов на процент заболеваемости нервной системы, сердечно-сосудистой системы, хронических неспецифических заболеваний легких и органов желудочно-кишечного тракта в динамике

взаимодействии нейровегетативных функций. На фоне функциональных кардиоваскулярных расстройств у ликвидаторов с течением времени наблюдалось прогрессивное формирование гипертонической и ИБС, а также изменения других органов и систем. По-видимому, в основе этого явления лежит влияние как специфических радиационных, так и неспецифических факторов аварии на липидный обмен, эндометрий сосудистой стенки и на высшую нервную деятельность. Свидетельством тому является также значительное подавление у них иммунного статуса, оживление процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) и других клиничко-лабораторных показателей.

Подтверждением этого являются также результаты многофакторного анализа, проведенного в нашем Центре. С помощью двухфакторного дисперсионного анализа были выявлены доли влияния радиационного и некоторых нерадиационных факторов на развитие заболеваемости по классам нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной и других систем в 30-летней динамике. Показано, что по классам нервной системы, органов дыхания и ЖКТ можно говорить как о раннем, так и об отдаленном послеаварийном радиационном воздействии на развитие заболеваемости (рис. 2).

Что касается сердечно-сосудистых заболеваний, то дозовая зависимость для них наблюдается только в раннем послеаварийном периоде, тогда как в отдаленном преобладающим становится влияние нерадиационных факторов (курение, алкоголь) и возраста. Анализ смертности ликвидаторов показал, что дозовая зависимость смертности отсутствует или скрывается на фоне значительных факторов, влияющих на продолжительность жизни.

Среди них важное значение приобретает изменение различных физиологических и биохимических показателей, в частности, иммунодефицит клеточного типа, снижение фагоцитарной активности нейтрофилов периферической крови и антиинфекционной резистентности, что проявлялось выраженными дисбиотическими явлениями в составе аутомикрофлоры кожи, полости рта и кишечника и способствовало развитию заболеваний, в патогенезе которых существенную роль играют иммунные механизмы.

Изучение иммунологических изменений было проведено в динамике на 284 ликвидаторах, контрольную группу составили 84 практически здоровых мужчин того же возраста (30–50 лет), взяв за основу методические рекомендации В.В. Петрова с соавторами (1984). Кроме стандартного исследования периферической крови, были изучены относительное и абсолютное количество Е-РОК (Т-лимфоцитов) и ЕАС-РОК (В-лимфоцитов), сывороточные иммуноглобулины (IgG, IgA, IgM), фагоцитарная и комплементарная активность. Оценку всех изменений проводили в зависимости от года пребывания в зоне аварии и возраста ликвидаторов. Анализ полученных данных был проведен с помощью методов системного анализа (корреляционного, дисперсионного и кластерного) по разработанному специальному алгоритму.

Полученные данные свидетельствуют о том, что непосредственно после возвращения из зоны аварии статистически достоверных изменений в изученных показателях не было выявлено. Признаки иммунодефицита стали проявляться спустя год и постепенно нарастали: иммунодефицит клеточного типа, который проявлялся в снижении Т-зависимого звена иммунитета, нарастанием числа В-лимфоцитов, рассогласованием между Т- и В-лимфоцитами, про-

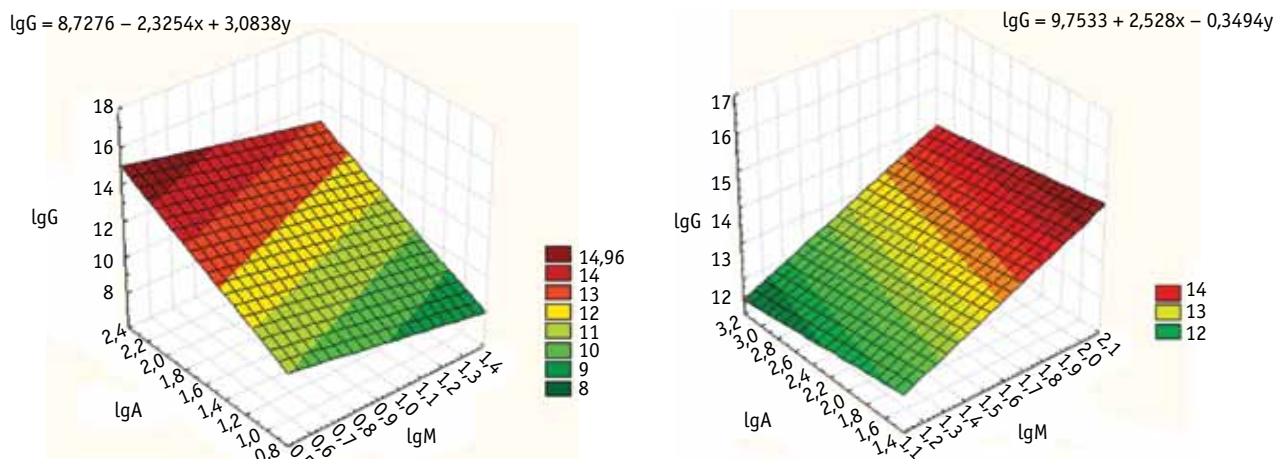


Рис. 3. Результаты мультирегрессионного анализа иммуноглобулинов в раннем и отдаленном периодах

являющееся увеличением иммуноглобулинов класса М, угнетением иммунофагоцитарной способности нейтрофилов.

С помощью дисперсионного анализа были определены доли влияния радиационного и возрастного факторов и показано, что в первые годы после аварии наблюдалось превалирование радиационного фактора, а в более поздние годы (после 1995 г.) и в 2000-е гг. отмечено явное превалирование возрастного и других факторов. В качестве примера на рис. 3 демонстрируются результаты мультирегрессионного анализа иммуноглобулинов в раннем и отдаленном периодах.

Результаты цитогенетического анализа свидетельствуют о том, что процент хромосомных аберраций (ХА) ликвидаторов, постоянно нарастая, по сравнению с контрольным уровнем ( $1,2 \pm 0,3$ ) уже в 1994 г. составил  $10,0 \pm 0,2$  ( $p < 0,004$ ) и с незначительными колебаниями сохранялся на этом уровне в течение всего срока наблюдения. На этом фоне отмечалось нарастание кластогенных факторов и функции мужских гонад, с увеличением тератогенных форм сперматозоидов [16]. Полученные данные указывают на некоторую зависимость сперматогенеза от цитогенетических изменений, свидетельствуя, по-видимому, о проявлении мутагенного эффекта малых доз ИР.

Результаты изучения онкологической заболеваемости ликвидаторов в сопоставлении с общим населением Армении свидетельствуют об опосредованной зависимости процессов онкогенеза от фактора облученности организма. При этом уровень заболеваемости злокачественными новообразованиями у населения был практически постоянным (в среднем  $1237,5 \pm 57,9$  чел. на 100 тыс. населения за последние 10 лет), тогда, как у ликвидаторов происходил их постоянный рост (табл. 1).

Таким образом, результаты проведенных нами исследований показали, что заболеваемость ликвидаторов имеет полиэтиологический характер, в котором определенную роль играет радиационный фактор, взаимодействующий с другими неблагоприятными факторами нерадиационной природы.

Описанная выше картина заболеваемости, которая стала характерной для большинства ликвидаторов за прошедшие после аварии 30 лет, нашла свое неизбежное отражение и в таких объемлющих показателях, как качество жизни и ускоренное старение.

Сферы применения качества жизни (КЖ) и биологического возраста (БВ) в медицине многомерны. По мнению ряда авторов [20, 21] радиационное воздействие, психоэмоциональный стресс и ряд других факторов аварии на ЧАЭС способствовали снижению защитных свойств организма ликвидаторов и изменению темпов естественного старения. Поэтому выявление причин ускорения темпов старения является актуальной проблемой, особенно по прошествии более 20–30 лет, когда ликвидаторы перешли в другую возрастную категорию.

В немногочисленных работах, освещающих проблему КЖ ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, отмечено значительное снижение КЖ у ликвидаторов по сравнению со здоровыми лицами. Исследователи указывают на резкое повышение роли физических и эмоциональных проблем в ограничении жизнедеятельности, существенную редукцию социальной активности ликвидаторов [22]. Авторы связывали развитие психологических расстройств с несколькими факторами: биологическим действием ионизирующего излучения, действием химических агентов в результате тушения пожара, психической травматизацией личности в связи с неясностью влияния радиации на здоровье, неопределенностью индивидуального прогноза, недостаточной социальной

Таблица 2

**Распределение ликвидаторов по биологическому и календарному возрасту**

| Группа (1) ликвидаторов БВ > КВ, % |                                 | Группа (2) ликвидаторов БВ < КВ, % |                                 |
|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Календарный возраст                | Расчетный биологический возраст | Календарный возраст                | Расчетный биологический возраст |
| 51,5 ± 2,13                        | 54,3 ± 2,42                     | 59,4 ± 0,96                        | 48,6 ± 1,13                     |
| $p > 0,5$                          |                                 | $p < 0,01$                         |                                 |

защитой в пострадиационном периоде, а изменения, вносимые в законы в последующее время, по их мнению, сами по себе являются мощным стрессовым фактором.

Оценка КЖ проведена нами в двух группах ликвидаторов: тех, у кого БВ выше календарного (КВ) и тех, у кого БВ менее КВ. Для изучения взаимосвязи ускоренного старения, КЖ, уровня облучения, заболеваемости, мы определили средний возраст в двух группах, отличающихся по темпу биологического старения: группы 1 – с ускоренным темпом старения и группы 2 – с замедленным темпом старения (табл. 2).

Полученные данные показали, что самооценки ликвидаторов по всем восьми шкалам КЖ значительно уступают нормативным данным SF-36. На рис. 4. представлена сравнительная картина «Т-оценок» шкал КЖ ликвидаторов двух групп. Как видно из рис. 4, показатели всех шкал КЖ ликвидаторов находятся значительно ниже нормы, но значительного

различия между группами мы не нашли (только для RE  $p < 0,5$ , для остальных шкал  $p > 0,5$ ). Была найдена регрессионная зависимость биологического возраста и показателей дополнительных шкал: PCS (суммарного физического здоровья) и MCS (суммарное психическое здоровье) (см. рис. 5).

Используя метод линейной регрессии, мы получили формулы, описывающие изменение PCS и MCS у ликвидаторов с повышенным (а) и пониженным (б) значением БВ относительно КВ.

$$\begin{aligned} \text{PCS} &= 40,995 - 0,127x & \text{PCS} &= 42,57 - 0,17x \\ \text{MCS} &= 19,775 + 0,25x & \text{MCS} &= 23,79 + 0,172x \end{aligned}$$

(с ускоренным темпом старения)                      (с замедленным темпом старения)

Из рис. 5 видно, что у многих ликвидаторов независимо от БВ, сравнительно высокие оценки физического здоровья сочетаются со сравнительно низкими оценками психического благополучия, и, наоборот, – низкие уровни психологического благополучия не всегда предполагают низкий уровень фи-

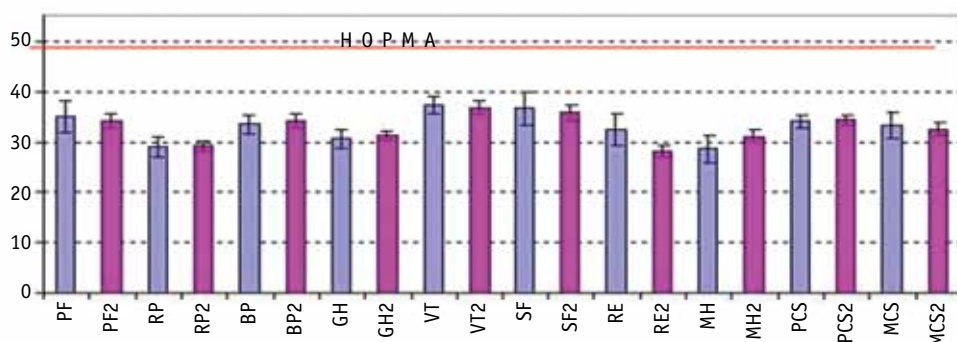


Рис. 4. Т-оценки шкал SF-36 у ликвидаторов и нормативной популяции (норма). Вертикальные линии – стандартные отклонения оценок КЖ

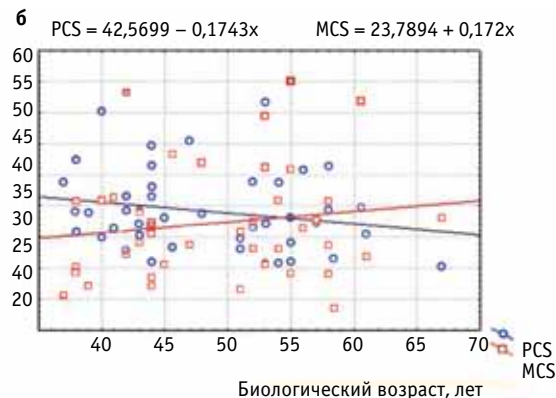
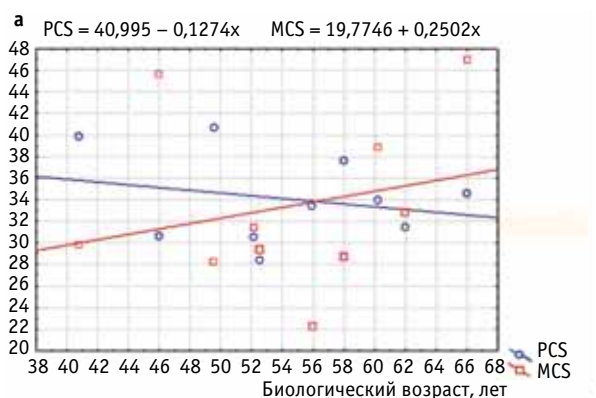


Рис. 5. Результаты регрессионного анализа группы 1 (а) и 2 (б)

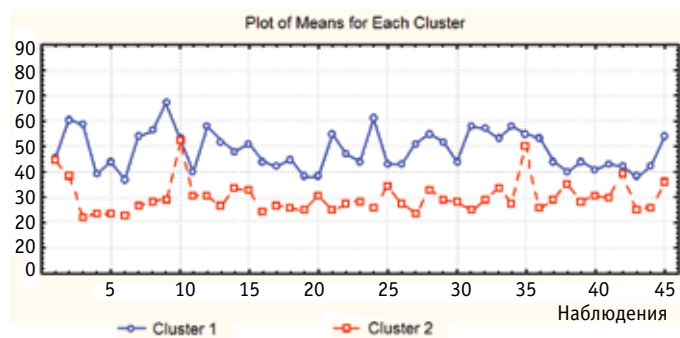


Рис. 6. Результаты кластерного анализа MCS и RE

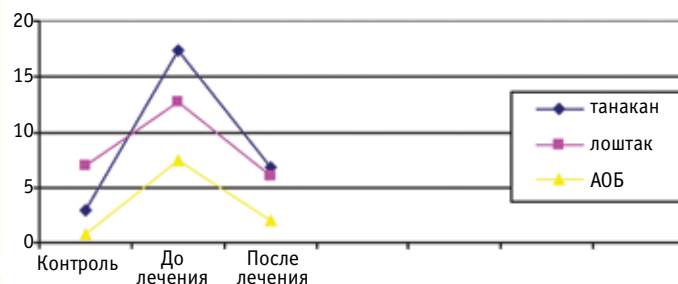


Рис. 7. Наличие КФ в плазме крови ликвидаторов, пролеченных антиоксидантами

зического здоровья. Было замечено также, что значения шкалы PCS разнятся не только в зависимости от того, в какой группе, связанной с темпом старения, находится ликвидатор, но и от того к какой возрастной категории он относится. Так, если в возрасте 35–40 лет эти различия незначительны, с возрастом они становятся достоверно различающимися.

Факторный анализ ликвидаторов по показателям MCS и RE(T) показал, что в зависимости от фактора БВ показатели MCS и RE (ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием) четко делятся на 2 обособленные группы, что свидетельствует об их взаимозависимости. Для оценки показателя RE был применен эталонный метод кластерного анализа — метод К-средних. Произошло разделение на 2 классификационные группы (рис. 6), т.е. разбиение исходной совокупности объектов на группы схожих, близких между собой по RE объектов.

Принадлежность к одной классификационной группе (кластеру), распределенной по показателю RE зависит от признака БВ. Показано, что 87 % объектов было правильно распределено по кластерам.

Параллельно с проведением диспансерного наблюдения за ликвидаторами и, при необходимости, их стационарного лечения, важное значение придавали проведению реабилитационных мероприятий, с целью скорейшего возвращения их к активной трудовой жизни. В первые годы после аварии (до 1994 г.) реабилитацию ликвидаторов проводили в реабилитационном отделении нашего Центра, расположенном в живописном лесистом уголке Армении в г. Иджеване, который характеризуется сухим субтропическим климатом и умеренной высотой над уровнем моря (1500 м). Благоприятное воздействие относительно низкого парциального содержания кислорода, умеренной солнечной радиации, сухого климата и других факторов — создает благоприятные климатические условия для реабилитации ликвидаторов аварии. Однако из-за начавшихся военных действий пансионат, расположенный на границе

Армении, прекратил работу. Вследствие этого, при необходимости ликвидаторов направляли на реабилитацию в санаторно-курортных условиях в пределах Армении или проводили ее в домашних условиях. Реабилитационные мероприятия включали весь, доступный в конкретных условиях, арсенал лечебно-профилактических мероприятий, в т.ч. аутогенные тренировки, лечебный массаж и лечебную физкультуру, включали также дозированные нагрузки, прогулки на свежем воздухе, специальные физические упражнения. В зависимости от патологии назначали различные физиотерапевтические процедуры и лечебные препараты.

Возможности фармакологической коррекции патологических состояний очень широки и включают огромное количество препаратов, способных влиять на многие механизмы развития сердечно-сосудистых, нервных и других заболеваний. Вместе с тем, особенно на реабилитационном этапе наблюдения, мы широко использовали антиоксидантные препараты (АОП). Нами были апробированы различные АОП, в т.ч. α-токоферол, аэвит, аскорутин, элеутерококк, об эффективности которых судили по изменению ПОЛ, липидного обмена, показателям крови (общее и абсолютное число лейкоцитов, показатели Т- и В-лимфоцитов).

Совместно с французской группой исследователей под руководством профессора И. Эмери (Кордильерский институт биомедицины Университета им. Кюри, Париж VI) нами были изучены новые АОП, предоставленные фирмами для клинических испытаний — танакан фирмы Ibsen, антиоксидантный биофактор (АОБ) фирмы AOA (Япония, Co Ltd), отечественный лоштак (Brionia Alba). Исследования, проведенные на группах ликвидаторов по 50 человек, показали, что под влиянием лечения танаканом в течение двух месяцев (доза 3×40 мг) кластогенная активность плазмы ликвидаторов уменьшалась до нормальных значений при первом же исследовании после прекращения лечения [16–19]. Эффект ле-

чения сохранялся по крайней мере в течение 7 мес. У трети ликвидаторов отмечалось повторное повышение кластогенных факторов (КФ) после одного года, свидетельствуя о том, что КФ — провоцирующий процесс продолжается. У тех же больных отмечались нормализация содержания общих липидов, бета-липопротеидов, фонового ПОЛ в плазме крови, НАДФН-зависимого ферментативного ПОЛ в эритроцитарных мембранах.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что препарат танакан и другие изученные АОП (лоштак и АОВ) обладают выраженными антикластогенными и антиоксидантными свойствами и их применение представляется оправданным, поскольку считается, что КФ являются факторами риска для развития отдаленных последствий облучения (рис. 7). Под влиянием этих препаратов в организме у ликвидаторов происходили существенные изменения ряда жизненно важных функций: повышение фибринолитической активности крови, уменьшение количества холестерина, повышение фонового ПОЛ. Иммунологические показатели с тенденцией к нормализации Т-клеточного иммунитета свидетельствуют о стимулирующем и корригирующем эффекте АОП. Результаты цитогенетического анализа микроядер слизистой оболочки ротовой полости выявили снижение уровня клеток с микроядрами в группе лиц, прошедших курс лечения лоштаком, (до  $-0,33 \pm 0,01$ , после лечения  $-0,25 \pm 0,04$ , в контроле  $-0,3 \pm 0,1$  ( $p < 0,25$ )).

В связи с полученными данными, применение АО препаратов представляется перспективным. Поэтому использование этих и других АОП нами широко используется на лечебном и реабилитационном этапах наблюдения.

### **Заключение**

Результаты многолетних исследований показали, что у ликвидаторов аварии на ЧАЭС с течением времени прогрессируют различные патологические изменения органов и систем, при этом заболевания функционального круга (различные неврозы, нейроциркуляторная дистония, другие функциональные нарушения) постепенно перерастают в органические (ИБС, нарушения мозгового кровообращения, гипертония, заболевания легких, ЖКТ и других систем). С помощью различных методов статистической обработки данных выявлены долевые соотношения радиационного и нерадиационных факторов в развитии заболеваний нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной и пищеварительной систем в динамике 30-летнего периода. Полученные результаты свидетельствуют как о раннем, так и об отдаленном поставарийном влиянии радиации на развитие забо-

леваемости у ликвидаторов, хотя в последнем случае радиационно-индуцированные эффекты часто оказываются замаскированными под влиянием других неблагоприятных факторов нерадиационной природы. Так, для заболеваний ССС достаточно четкая дозовая зависимость выявлена только для раннего поставарийного периода, тогда как в более поздние сроки ведущую роль в генезе заболеваний этого класса играет возрастной фактор. Показано, что в послеаварийном периоде происходят аддитивные взаимодействия радиационного фактора с нерадиационными, в первую очередь с такими факторами, как возраст, курение и алкоголь. Анализ смертности ликвидаторов показал, что дозовая зависимость смертности отсутствует или скрывается на фоне более значимых факторов, влияющих на продолжительность жизни. Применение в работе двухфакторного дисперсионного анализа позволило выявить отчетливую зависимость иммунологического статуса ликвидаторов от времени их участия в ликвидации последствий аварии, свидетельствуя о существенной иммунодепрессивной роли радиационного фактора на протяжении всего периода наблюдений.

Биологическая возрастная паспортизация ликвидаторов показала, что у значительной их части наблюдаются процессы ускоренного старения. Эти процессы коррелированы с такими показателями, как наличие различных функциональных и органических заболеваний, степень истощенности адаптивных резервов организма, уровень деструктивных изменений в нервной, иммунной и эндокринной системах. Все это находит отражение и в таком интегральном показателе физической, психической и социальной дееспособности, как индекс «качества жизни» ликвидаторов, существенно сниженный по сравнению с нормой.

Несмотря на давность чернобыльской катастрофы, ее последствия до сих пор остаются ощутимыми. Вместе с множеством других манифестаций, они материализованы также в надломленном здоровье, психической травмированности и социальной неприспособляемости огромного количества людей, участвовавших в ликвидации последствий этой катастрофы. Результаты 30-летних научно-медицинских исследований — как проведенных в Армении, так и в других центрах, неутешительны. Ликвидаторы, как и прежде, нуждаются в особом медицинском и социальном внимании. Вопросы их лечения, психологической коррекции и социальной реабилитации — как чисто практической, так и научной направленности, по-прежнему, остаются актуальными проблемами современной радиационной медицины.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.К., Каприн А.Д. Медицинские радиологические последствия Чернобыля: Прогноз и фактические данные спустя 30 лет. — М.: ГЕОС. 2015.
2. Войтенко В.П. и соавт. // В сб.: «Геронтология и гериатрия. Ежегодник. Биологический возраст. Наследственность и старение». — Киев. 1984. С. 133–137.
3. Белозерова Л.М. // Успехи геронтологии. 2003. Т. 4. № 3. С. 108–112.
4. Оганесян Н.М., Геворкян Э.Г., Погосян Э.Г., Мирджанян М.И. Сопоставительный анализ факторов и показателей качества жизни ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2012. Т. 57. №2. С. 15–25.
5. U.S. Population Norms // <http://www.SF-36.org/research/sf98norms.pdf>
6. SF-36® PCS, MCS and NBS Calculator // <http://www.SF-36.org/nbscalc/index.shtml>.
7. Ярмоненко С.П. Низкие уровни излучения и здоровье: радиобиологические аспекты. Аналитический обзор // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2000. Т. 45. № 3. С. 5–32.
8. Brazier J. et al. // Brit. Med. J. 1992. V. 305. P. 160–164.
9. Бурлакова Е.Б. // Радиобиология. 1996. № 23. С. 72–77.
10. Гуськова А.К. // Врач. 1999. №. 6. С. 35–37.
11. Гуськова А.К. // Ж. невропатологии и психиатрии. 1989. Т. 89. № 2. Р. 138–142.
12. Иванов В.К., Цыб А.Ф. Медицинские последствия Чернобыльской аварии для населения России. — М.: Медицина. 2002.
13. Sushkevich G.N., Tsyib A.F. International consequences of the Chernobyl accident. IFECA IHO Scientific Report. Geneva. 1995.
14. Никифоров А.М. Патология отдаленного периода у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС. — СПб.: БИНОМ. 2002. 304 с.
15. Chernobyl ten years after. IAEA Assessment Report. OECD. Paris. 1995.
16. Emerit I., Oganessian N. et al. — Elsevier. Paris. 1997. P. 239–246.
17. Emerit I.E., Oganessian N.M., Arutyunyan R. et al. Oxidative stress-related clastogenic factors in plasma from Chernobyl liquidators: protective effects of antioxidant plat phenols, vitamins and oligoelements // Mutation Res. Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis. 1997. 377. P. 239–246.
18. Emerit I.E., Oganessian N.M., Poghosyan A.S., Asryan K.V. Medical Consequences of the Chernobyl Accident in Armenian Emergency Workers — ten Years of Observations. One decade after Chernobyl: Summing up the consequences of the accident. — Vienna. 1997. 14 p.
19. Emerit I.E., Tsyb A.F., Piatac O.A. et al. Oxidative stress and dose irradiation. Low doses of ionizing radiation: biological effects and regulatory control. Contributed papers. Internat. Conf. Seville. Spain. P. 1–4.
20. Новик А.А., Ионова Т.И. Руководство по исследованию качества жизни в медицине.— 2-е изд. Под ред. Ю.Л. Шевченко. — М. ОЛМАПРЕСС. 2007. 313 с.
21. Теплякова О.В. Исследование качества жизни ликвидаторов аварии на ЧАЭС в отдаленном периоде. Мед. психология. 2007. № 8. С. 161–168.
22. Бримкулов Н.Н., Абдуллина А.А. Исследование качества жизни у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС // Вестник КРСУ. 2002. № 1. С. 51–54.

Поступила: 08.02.2016

Принята к публикации: 22.03.2016

**Н.К. Шандала, А.В. Титов, Е.Г. Метляев**

## **ПРОБЛЕМЫ АВАРИЙНОГО НОРМИРОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ: ПЕРЕХОД ОТ ВРЕМЕННО ДОПУСТИМЫХ УРОВНЕЙ К НОРМАЛЬНОЙ ПРАКТИКЕ**

**N.K. Shandala, A.V. Titov, E.G. Metlyaev**

### **Emergency Limitation of Radionuclide Concentrations in Foodstuffs: from Temporary Permissible Levels to Normal Practice**

РЕФЕРАТ

ABSTRACT

В результате чернобыльской аварии подверглось загрязнению в различной степени более 56 тыс. км<sup>2</sup> территории, в т.ч. около 35 тыс. км<sup>2</sup> сельскохозяйственных земель и около 10 тыс. км<sup>2</sup> лесных угодий. В связи с этим имело место различное по уровням и масштабам радиоактивное загрязнение пищевых продуктов. Пероральное поступление радионуклидов с пищевыми продуктами являлось одним из значимых факторов радиационного воздействия на население, проживавшее на загрязненных территориях.

Представлены подходы к нормированию активности радионуклидов в продовольственном сырье и пищевых продуктах, которые использовались для обеспечения радиационной безопасности населения, начиная с момента аварии до настоящего времени.

**Ключевые слова:** радионуклиды, пищевые продукты, допустимые уровни, эффективная доза, критическая группа

The accident at the Chernobyl NPP resulted in contamination to a varying extent of area of more than 56 thousand square kilometers area, including about 35 thousand square kilometers of agricultural lands and about 10 thousand square kilometers of woodlands. Therefore, there was radioactive contamination of foodstuffs of various levels and scale. Ingestion intake of radionuclides via foodstuffs was one of the significant factors of radiation exposure to the public living at the contaminated areas. The article describes approaches to limitation of radionuclide activities in raw foods and foodstuffs, which were used to assure radiation protection of the public since the accident and up to now.

**Key words:** radionuclide, foodstuffs, permissible levels, effective dose, public, critical group

#### **Введение**

Одной из главных задач, стоявших перед органами государственного надзора после возникновения аварии на Чернобыльской АЭС, являлось обеспечение радиационной безопасности населения, в т.ч. от потребления загрязненных пищевых продуктов.

Целью обеспечения радиационной безопасности было предотвращение возникновения детерминированных и сведение до минимума числа возможных отдаленных стохастических эффектов.

Для достижения этой цели устанавливались временные пределы доз годового облучения населения с учетом характера реальной радиационной обстановки, а также существующих в отечественной и международной практике подходов с выделением квот на дозы внешнего и внутреннего облучения.

Радиационная безопасность от внутреннего облучения при потреблении пищевых продуктов достигалась соблюдением временных допустимых уровней (ВДУ) активности радионуклидов в продовольственном сырье и пищевых продуктах, определяемых на основании дозовых квот на внутреннее облучение, при проведении радиационного контроля, путем предотвращения распространения пищевых продуктов, загрязненных выше установленных нормативов, а также применением различных сельскохозяйственных защитных мероприятий.

#### **Нормирование активности радионуклидов в пищевых продуктах в первые десять лет после аварии**

Сразу после возникновения аварии был введен в действие нормативный документ «Критерии для принятия решений о мерах защиты населения в случае аварии реактора», действовавший в СССР в те годы [1].

Данные критерии включали ВДУ содержания радионуклида <sup>131</sup>I (основного дозообразующего радионуклида в первые недели после аварии) в молоке (3700 Бк/л) для ограничения облучения щитовидной железы. 6 мая 1986 г. этот норматив был дополнен допустимым уровнем содержания <sup>131</sup>I в питьевой воде, молокопродуктах, рыбе, столовой зелени [2].

ВДУ были рассчитаны исходя из допустимой за 1 мес суммарной дозы облучения щитовидной железы 30 рад для взрослых, без учета дозы от других радиоизотопов йода. ВДУ <sup>131</sup>I в пищевых продуктах, используемых для снабжения организованных детских коллективов, устанавливались на уровне в 10 раз ниже ВДУ для взрослого населения.

ВДУ для <sup>131</sup>I были определены на основании действующих в то время дозовых критериев [1] и предназначались для кратковременного периода времени после аварии.

В последующие стадии аварии основной вклад в дозу внутреннего облучения при пероральном поступлении с пищевыми продуктами давали долгоживущие радионуклиды <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr. Нормативов по

допустимым уровням данных радионуклидов в пищевых продуктах в то время не существовало. В связи с этим были утверждены ВДУ содержания  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в ряде пищевых продуктов.

ВДУ для этих аварийных радионуклидов рассчитывались исходя из установленных временных годовых квот на внутреннее облучение с учетом потребления конкретного пищевого продукта и радиоэкологических особенностей накопления радионуклидов на территориях, загрязненных в результате аварии. До 1990 г. ВДУ были установлены для  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , а с 1991 г. — и для  $^{90}\text{Sr}$ .

Первые ВДУ были разработаны в 1986 г., исходя из дозовой квоты на внутреннее облучение всего тела изотопами цезия 5 бэр (50 мЗв) в год [3]. В связи с тем, что возможности ограничения внешнего облучения населения, постоянно проживающего на загрязненных территориях, были крайне ограничены, дозовая квота на внутреннее облучение определялась как разность между временным годовым пределом и ожидаемой годовой дозой внешнего облучения критической группы жителей в наиболее загрязненных населенных пунктах [4].

В дальнейшем дозовые квоты и, соответственно, ВДУ регулярно пересматривались в сторону снижения. Последние ВДУ были введены в 1993 г., исходя из квоты на ожидаемую эффективную дозу (внутреннего облучения) 5 мЗв в год [5–8], и действовали до 1996 г. Значения таких ВДУ представлены в табл. 1.

Наиболее «жесткие» уровни удельных активностей по сравнению с другими пищевыми продуктами устанавливались для молока (370 Бк/л) с целью достижения максимально возможного снижения индивидуальных доз внутреннего облучения населения, проживающего на территориях, подвергшихся аварийному воздействию. Как видно из табл. 1, значения ВДУ для молока не изменились в течение 10 лет.

### **Концепция нормирования радиоактивных веществ в пищевых продуктах на долговременный период**

К середине 1990-х гг. радиационная обстановка в зоне чернобыльской аварии стабилизировалась. Основные мероприятия по смягчению последствий аварии, в т.ч. и сельскохозяйственные меры, были завершены. Снижение содержания аварийных радионуклидов в пищевых продуктах определялось, прежде всего, значениями их периодов полураспада.

Введение и регулярное обновление ВДУ стало тормозить торговлю между российскими регионами, что влияло на развитие земледелия и животноводства на загрязненных территориях.

В 1996 г. были разработаны и введены в действие новые допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в продовольственном сырье и пищевых продуктах [9]. Разработанные нормативы являлись обязательными на всей территории России для отечественной и импортной пищевой продукции.

Концепция нормирования радиоактивных веществ в продовольственном сырье и пищевых продуктах заключалась в следующем:

- нормативы устанавливались в виде допустимых удельных активностей (ДУА) для  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , как биологически значимых радионуклидов;
- доза внутреннего облучения человека от поступления радионуклидов с рационом питания не должна превышать 1 мЗв/год — уровня исключения вмешательства в отношении пищевых продуктов, реализуемых через торговую сеть;
- для мало потребляемых пищевых продуктов (лесные ягоды, грибы, чай) принималось, что доза за счет их потребления находится вне дозовой квоты 1 мЗв/год и на отдельный продукт не должна превышать 1 % от квоты;

Для расчета ДУА учитывалась структура питания населения по семи основным компонентам рациона (хлебопродукты, молочные продукты, картофель, овощи, мясопродукты, рыбопродукты, фрукты и ягоды), как основным источникам поступления радионуклидов. Были проанализированы материалы потребления указанных групп пищевых продуктов по 30 областям России, без зоны наиболее интенсивного чернобыльского загрязнения. В результате был принят рацион по данным за 1991 г., как максимально консервативный по уровням потребления пищевых продуктов. Кроме того, учитывались коэффициенты перехода радионуклидов из почвы в продовольственное сырье и потери при кулинарной обработке.

Принципиальное отличие при установлении ДУА от ВДУ заключалась в следующем. В отношении ДУА, в отличие от ВДУ, для молока и молокопродуктов устанавливались более «мягкие» уровни с целью развития сельскохозяйственной деятельности на загрязненных территориях. Для других же пищевых продуктов, чтобы не допустить превышение дозы в 1 мЗв в год, устанавливались более «жесткие» допустимые уровни удельной активности.

Разработанные ДУА были включены в СанПиН 2.3.2.560-96 [9]. За последовавший пятилетний период существования и использования СанПиН 2.3.2.560-96 накопился ряд теоретических и практических проблем, касающихся следующих аспектов:

- изменилась структура рациона потребления пищевых продуктов населением России (потребление картофеля и молокопродуктов снизилось на 20 %, а потребление рыбы и рыбопродуктов увеличилось более чем на 50 %);
- в принятых Нормах радиационной безопасности НРБ-99 по сравнению с НРБ-96 в отношении  $^{90}\text{Sr}$  введена иная критическая группа (дети 12–17 лет) и, соответственно, для условий соблюдения требования 1 мЗв/год требовалось применение более жесткого (в 3 раза выше) дозового коэффициента;
- были получены дополнительные исследовательские материалы, в частности по роли почвенного

Таблица 1

**Динамика изменения временных допустимых уровней содержания радионуклидов в питьевой воде и пищевых продуктах, Бк/кг (Бк/л) в переходной период от ситуации аварийного облучения к ситуации существующего облучения**

| Наименование продукта       | Дозовый критерий <sup>1</sup>  |                                         |          |          |          |                              |
|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|----------|----------|----------|------------------------------|
|                             | Доза на ЩЖ<br>30 рад (300 мЗв) | Эквивалентная доза на все тело, бэр/год |          |          |          | Эффективная<br>доза, мЗв/год |
|                             |                                | 5                                       | 1        | 0,8      | 0,8      |                              |
| Питьевая вода               | 3700                           | 370                                     | 20       | 20       | 20       |                              |
| Молоко                      | 3700                           | 370                                     | 370      | 370      | 370      | 370                          |
| Сгущенное молоко            |                                | 18500                                   | 1110     | 1110     | 1110     | 1200 <sup>2</sup>            |
| Сухое молоко                |                                | 3700                                    | 1850     | 1850     | 1850     | 1200 <sup>2</sup>            |
| Творог                      | 37000                          | 370                                     | 370      | 370      | 370      | 370                          |
| Сметана                     | 18500                          | 3700                                    | 370      | 370      | 370      | 370                          |
| Растительное масло          |                                | 7400                                    | 370      |          | 185      | 370                          |
| Маргарин                    |                                | 7400                                    | 370      |          | 185      | 370                          |
| Животные жиры               |                                |                                         | 370      |          | 185      | 370                          |
| Сыр                         | 74000                          | 7400                                    | 370      | 370      | 370      | 370                          |
| Масло                       | 74000                          | 7400                                    | 1110     | 1110     | 370      | 370                          |
| Мясо, мясопродукты          |                                | 3700                                    | 1850     | 1850     | 740      | 600 <sup>3</sup>             |
| Говядина                    |                                |                                         | 2960     | 2960     | 740      | 600 <sup>3</sup>             |
| Свинина, баранина           |                                |                                         | 1850     | 1850     | 740      | 600 <sup>3</sup>             |
| Домашняя птица              |                                | 3700                                    | 1850     | 1850     | 740      | 600 <sup>3</sup>             |
| Яйцо                        |                                | 1850                                    | 1850     | 1850     | 740      | 600 <sup>3</sup>             |
| Рыба                        | 37000                          | 3700                                    | 1850     |          | 740      | 600 <sup>3</sup>             |
| Овощи                       |                                | 3700                                    | 740      | 740      | 600      | 600 <sup>3</sup>             |
| Листовые (столовые) овощи   | 37000                          | 3700                                    | 740      | 740      | 600      | 600 <sup>3</sup>             |
| Корнеплоды                  |                                |                                         | 740      | 740      | 600      | 600 <sup>3</sup>             |
| Картофель                   |                                | 3700                                    | 740      | 740      | 600      | 600 <sup>3</sup>             |
| Свежие фрукты, ягоды        |                                | 3700                                    | 740      | 740      | 600      | 600 <sup>3</sup>             |
| Сушеные фрукты, ягоды       |                                | 3700                                    | 11100    | 1110     | 2900     | 600 <sup>3</sup>             |
| Сок                         |                                | 3700                                    | 740      |          |          | 600 <sup>3</sup>             |
| Варенье                     |                                |                                         | 740      |          |          | 600 <sup>3</sup>             |
| Крупы                       |                                | 370                                     | 370      | 370      | 370      | 370                          |
| Хлеб, хлебобулочные изделия |                                | 370                                     | 370      | 370      | 370      | 370                          |
| Сахар                       |                                | 1850                                    | 370      | 370      | 370      | 370                          |
| Грибы свежие                |                                | 18500                                   | 1850     |          | 1480     | 600 <sup>3</sup>             |
| Грибы сушеные               |                                |                                         | 11100    |          | 7400     | 600 <sup>3</sup>             |
| Дикорастущие ягоды          |                                |                                         | 1850     |          | 1480     | 600 <sup>3</sup>             |
| Овощные, фруктовые консервы |                                |                                         | 740      | 740      | 600      | 600 <sup>3</sup>             |
| Мед                         |                                |                                         | 740      | 740      | 600      | 6000 <sup>3</sup>            |
| Лекарственные травы         |                                | 18500                                   |          |          | 7400     | 6000 <sup>3</sup>            |
| Детское питание             |                                |                                         | 370      | 370      | 185      | 185                          |
| Дата утверждения            | 06.05.86                       | 30.05.86                                | 15.12.87 | 06.10.88 | 22.01.91 | 21.07.93                     |

**Примечания:**

<sup>1</sup> До 1991 г. критерии устанавливались в единицах эквивалентной дозы на все тело и определялись в единицах биологического эквивалента рада (бэр). При пероральном поступлении изотопов цезия эффективная доза численно равна эквивалентной дозе на все тело. Для перехода к эффективной дозе следует использовать соотношение 1 бэр = 10 мЗв.

<sup>2</sup> ВДУ специй, чая, меда, лекарственных растений, потребление для каждого из которых составляет менее 10 кг/год на человека, устанавливаются в 10 раз, а для концентрированного, сгущенного и сухого молока в 2 раза больше приведенных в таблице величин для прочих пищевых продуктов.

<sup>3</sup> в ВДУ-93 данные продукты названы «прочие пищевые продукты», для которых допустимые уровни составляют 600 Бк/л или Бк/кг

пути поступления <sup>90</sup>Sr в чай, о вкладе картофеля в суточное поступление (за счет снижения удельной активности <sup>137</sup>Cs), установлены новые соотношения перехода <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr из зерна в продукты его технологической переработки и ряд др.;

- изменились тенденции в международном радиационно-гигиеническом нормировании для ситуации существующего облучения в связи с выходом в 2000 г. новой публикации МКРЗ [10];
- возникли противоречия в системе регламентации пищевых продуктов, принятые в России, Бело-

русии и Украине, в т.ч. по значениям ДОО цезия в молоке и картофеле и значениям ДОО стронция в пищевых продуктах.

В связи с этим значения ДУА были скорректированы и в 2001 г. включены в новую редакцию СанПиН 2.3.2.1078-01 [11].

В СанПиН 2.3.2.1078-01 расширена номенклатура продуктов, в частности: введены специализированные продукты питания для кормящих матерей и беременных, расширен перечень биологически активных добавок к пище. Введены новые показатели удельной

активности радионуклидов для дикорастущих ягод, которые в силу природной особенности по степени содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  заметно отличаются от окультуренных садовых ягод.

Новые исследовательские материалы вынудили перейти на более жесткие нормативы в отношении  $^{137}\text{Cs}$  в картофеле и  $^{90}\text{Sr}$  — в хлебе и хлебопродуктах, при этом учитывались установленные по данным НИИ зерна коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ .

В итоге были скорректированы ДУА  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  для пищевых продуктов 42 наименований из 114.

И в последующее время (после 2001 г.) значения ДУА для ряда пищевых продуктов были изменены, а для некоторых, например, моллюсков — исключены. Наиболее значимые изменения внесены в 2010 г. после введения в действие документа [12], разработанного в рамках Таможенного союза России, Белоруссии и Казахстана.

### Контроль соответствия пищевых продуктов требованиям, установленным нормативами

Радиационный контроль содержания радиоактивных веществ в пищевых продуктах является одним из главных требований обеспечения радиационной безопасности населения страны. Он предусматривает в системе государственной санитарно-эпидемиологической службы контрольные исследования образцов пищевой продукции, включая лесные продукты и ягоды, для определения в них содержания радионуклидов.

В первый год после аварии для проведения массовых измерений проб пищевых продуктов, с учетом имевшихся в то время измерительных приборов, ВДУ были выражены в величинах суммарной бета-активности, а в последующее время — в величинах удельной активности конкретных радионуклидов —  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ .

В настоящее время соответствие пищевых продуктов установленному в [11] нормативу определяется по показателю, учитывающему суммарное содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в пищевом продукте:

Таблица 2

### Динамика исследований проб продовольственного сырья и пищевых продуктов по содержанию радионуклидов $^{137}\text{Cs}$ за 2004–2014 г. (Брянская область)

| Год  | Исследовано проб продовольственного сырья и пищевых продуктов |                      |                      |                        |                      |                      |                            |                      |                      |                               |                      |                      |
|------|---------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|
|      | Всего                                                         |                      |                      | Мясо и мясные продукты |                      |                      | Молоко и молочные продукты |                      |                      | Дикорастущие пищевые продукты |                      |                      |
|      | Всего проб                                                    | Из них с превышением | % проб с превышением | Всего проб             | Из них с превышением | % проб с превышением | Всего проб                 | Из них с превышением | % проб с превышением | Всего проб                    | Из них с превышением | % проб с превышением |
| 2004 | 22193                                                         | 1049                 | 4,8                  | 2371                   | 38                   | 1,6                  | 6108                       | 483                  | 7,9                  | 1260                          | 488                  | 38,7                 |
| 2005 | 18260                                                         | 1182                 | 6,5                  | 1849                   | 16                   | 0,9                  | 5212                       | 544                  | 10,4                 | 1535                          | 601                  | 39,1                 |
| 2006 | 14323                                                         | 704                  | 4,9                  | 983                    | 18                   | 1,8                  | 3452                       | 283                  | 8,2                  | 892                           | 387                  | 43,4                 |
| 2007 | 11944                                                         | 597                  | 5,0                  | 867                    | 17                   | 2,0                  | 2278                       | 170                  | 7,5                  | 1079                          | 386                  | 35,8                 |
| 2008 | 9196                                                          | 571                  | 6,2                  | 709                    | 33                   | 4,7                  | 2183                       | 145                  | 6,6                  | 951                           | 374                  | 39,3                 |
| 2009 | 7945                                                          | 365                  | 4,6                  | 582                    | 24                   | 4,1                  | 2152                       | 64                   | 3,0                  | 945                           | 267                  | 28,3                 |
| 2010 | 7025                                                          | 334                  | 4,8                  | 431                    | 22                   | 5,1                  | 1489                       | 39                   | 2,6                  | 905                           | 261                  | 28,8                 |
| 2011 | 5668                                                          | 297                  | 5,2                  | 283                    | 10                   | 3,5                  | 1223                       | 48                   | 3,9                  | 803                           | 233                  | 29,0                 |
| 2012 | 5657                                                          | 295                  | 5,2                  | 352                    | 8                    | 2,3                  | 1184                       | 53                   | 4,5                  | 726                           | 229                  | 31,5                 |
| 2013 | 5392                                                          | 368                  | 6,8                  | 274                    | 8                    | 2,9                  | 1134                       | 45                   | 4,0                  | 887                           | 306                  | 34,5                 |
| 2014 | 5096                                                          | 254                  | 5,0                  | 267                    | 18                   | 6,8                  | 1032                       | 22                   | 2,1                  | 773                           | 208                  | 26,9                 |

$$\frac{A_{Cs}}{ДУА_{Cs}} + \frac{A_{Sr}}{ДУА_{Sr}} \leq 1, \quad (1)$$

где  $A_{Cs}$  и  $A_{Sr}$  — измеренные удельные активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевом продукте, Бк/кг, соответственно;  $ДУА_{Cs}$  и  $ДУА_{Sr}$  — допустимые удельные активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  для пищевого продукта, Бк/кг, соответственно.

При проведении лабораторных испытаний для определения соответствия пищевых продуктов установленному нормативу используется показатель соответствия «В» и погрешность его определения  $\Delta B$ , значения которых рассчитывают по результатам измерений удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в пробе:

$$B = \frac{A_{Cs}}{ДУА_{Cs}} + \frac{A_{Sr}}{ДУА_{Sr}}, \quad \Delta B = \sqrt{\left(\frac{\Delta A_{Cs}}{ДУА_{Cs}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta A_{Sr}}{ДУА_{Sr}}\right)^2} \quad (2)$$

где  $\Delta A_{Cs}$  и  $\Delta A_{Sr}$  — абсолютная погрешность измерения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевом продукте при доверительной вероятности  $p = 0,95$  соответственно.

Пищевые продукты признаются безусловно соответствующими нормативам, если:

$$B + \Delta B \leq 1. \quad (3)$$

Заметим, что в документе Таможенного союза [11] требование определять соответствие пищевых продуктов по показателю, учитывающему суммарное содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в пищевом продукте, отсутствует.

### Результаты и обсуждение

Результаты контроля пищевых продуктов на территории Российской Федерации публикуются ежегодно в радиационно-гигиеническом паспорте Российской Федерации. Приведенные в паспортах данные свидетельствуют о том, что за последние годы уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в основных пищевых продуктах на большей части территории России значительно ниже нормативов, установленных санитарными нормами.

Например, фактическое содержание  $^{137}\text{Cs}$  в картофеле составляет 0,07–0,15 Бк/кг при нынешнем нормативе на уровне 120 Бк/кг и бракеража его не отмечалось.

Однако до настоящего времени среди загрязненных в результате чернобыльских выпадений имеются регионы, где наблюдаются превышения допустимых уровней радионуклидов в некоторых пищевых продуктах. К ним относятся Калужская и Брянская области.

Так, в табл. 2 приведены данные исследований проб продовольственного сырья и пищевых продуктов по содержанию радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  за 2004–2014 г. в Брянской области [13–15]. Как свидетельствуют приведенные в таблице данные, за последние 10 лет количество проб пищевых продуктов, которые не удовлетворяли действующим нормативам по содержанию радионуклидов, составляет 5–6 %. Превышения допустимого содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  отмечались в некоторых пробах дикорастущих пищевых продуктов (27–43 %), молока и молочных продуктов (2–10 %) и в части проб мяса и мясопродуктов (1–7 %). Случаи превышения допустимого содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в молочных продуктах и в мясе отмечались, в основном, в частном секторе.

В остальных пищевых продуктах превышение нормативов имеет место только в 0,20–0,35 % измеренных проб.

### Выводы

1. Допустимые удельные активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевых продуктах, принятые в Российской Федерации, гарантированно обеспечивают безопасность населения по радиационному фактору.

2. Такие допустимые уровни установлены для более чем 100 видов пищевого сырья и пищевых продуктов, по которым необходимо проводить радиационный контроль, что требует трудовых и финансовых затрат. В связи с этим целесообразно пересмотреть номенклатуру пищевых продуктов, для которых установлены ДУА, с целью их возможного сокращения.

3. При пересмотре нормативов для отдельных конкретных видов продовольствия в перспективе следует использовать концепцию оптимизации, согласно которой риск (ущерб) от загрязненной пищи не должен необоснованно превышать медицинского и экономического ущерба от бракеража и, как следствие, утраты продовольствия.

4. В связи с сокращением по различным причинам объема контроля проб пищевых продуктов даже в наиболее радиоактивно загрязненных регионах России, следует оптимизировать такой контроль, уделяя большее внимание тем видам пищевых продуктов, у которых наблюдается наибольшее число случаев превышения действующих нормативов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Критерии для принятия решения о мерах защиты населения в случае аварии ядерного реактора. — М. 1990.
2. Временные допустимые содержания радиоактивного йода-131 в питьевой воде и пищевых продуктах на период ликвидации последствий аварий. — М. 1986.

3. Временные допустимые уровни содержания радиоактивных веществ в продуктах питания, питьевой воде, лекарственных травах (суммарная бета-активность), ВДУ-86. № 129-252/ДСП. 30 мая 1986 г. — М.: Минздрав СССР. 1986.
4. Алексахин Р.М., Булдаков Л.А., Губанов В.А. и соавт. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры. Под ред. Л.А. Ильина и В.А. Губанова. — М.: ИздАТ. 2001. 752 с.
5. Временные допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и цезия-134 в пищевых продуктах и питьевой воде (ВДУ-87) от 15.12.1987г. — М.: Минздрав СССР. 1987. 2 с.
6. Временные допустимые уровни содержания радионуклидов цезия в пищевых продуктах и питьевой воде (ВДУ-88) № 129-152-2 от 06.10.1988г. — М.: Минздрав СССР. 1988. 2 с.
7. Временные допустимые уровни содержания радионуклидов цезия и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде, устанавливаемые в связи с аварией на Чернобыльской АЭС (ВДУ-91). — М. 1991. 2 с.
8. Временные допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-134, -137 и стронция-90 в пищевых продуктах (ВДУ-93). ГН 2.6.005-93. Государственный комитет санитарно-эпидемиологического надзора РФ. — М. 1993. 3 с.
9. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.2.560-96 Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов.
10. Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure. ICRP Publication 82 // Ann. ICRP. V. 29. № 3–4. 1999.
11. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-01.
12. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). Глава II Раздел 1. Требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (в редакциях решений комиссии Таможенного союза от 17.08.2010 № 341; от 18.11.2010 № 456; от 02.03.2011 № 571; от 07.04.2011 № 622; от 18.10.2011 № 829; от 09.12.2011 № 889)».
13. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Брянской области в 2009 г.». Департамент природных ресурсов и экологии Брянской области. Сост.: С.А. Ахременко, А.В. Городков, Г.В. Левкина, О.А. Фильченкова. — Брянск. 2013. 244 с.
14. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Брянской области в 2012 г.». Часть 1. Департамент природных ресурсов и экологии Брянской области. Сост.: Е.Ф. Ситникова, О.В. Екимова, О.Н. Новикова. — Брянск. 2013. 244 с.
15. Годовой доклад об экологической безопасности в Брянской области в 2014 г. «Природные ресурсы и окружающая среда». Департамент природных ресурсов и экологии Брянской области. Сост.: Е.Г. Цублова, Г.В. Левкина, Брянск. 2015. 244 с.

Поступила: 24.02.2016

Принята к публикации: 22.03.2016

**А.Ю. Бушманов, А.П. Бирюков, Э.П. Коровкина, А.С. Кретов,  
Н.Н. Бухвостова**

**АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫХ ЭКСПЕРТНЫХ  
СОВЕТОВ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ ПРИЧИННОЙ СВЯЗИ  
ЗАБОЛЕВАНИЙ, ИНВАЛИДНОСТИ И СМЕРТИ ГРАЖДАН РОССИИ,  
ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ РАДИАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ  
ВСЛЕДСТВИЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ**

**A.J. Bushmanov, A.P. Biryukov, E.P. Korovkina, A.S. Kretov,  
N.N. Buhvostova**

**The Analysis of Documentary Regulatory Base and Results of Activity  
of Interdepartmental Advisory Councils on Establishment of the Causal  
Relationship of Diseases, Disability and Death of the Citizens of Russia  
Affected by Radiation Factors Owing to the Chernobyl Accident**

РЕФЕРАТ

Представлен обзор нормативных документов и результаты работы межведомственных экспертных советов (МЭС) РФ по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан, подвергшихся воздействию радиационных факторов вследствие аварии на Чернобыльской АЭС.

Рассмотрены нормативные документы и законодательная база, регламентирующие работу МЭС по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан, подвергшихся радиационному воздействию вследствие чернобыльской катастрофы. Представлены результаты деятельности межведомственных экспертных советов РФ за 2010–2014 гг. На основе проведенных исследований разработаны предложения по совершенствованию работы МЭС. Полученные результаты позволят унифицировать действия экспертов, объективизировать их выводы при определении причинности событий и снизить уровень экспертных ошибок в практике работы МЭС по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан, подвергшихся радиационному воздействию вследствие чернобыльской катастрофы и других радиационных аварий.

**Ключевые слова:** межведомственные экспертные советы (МЭС), Чернобыльская АЭС, радиационная авария, законодательная база, организационная структура

ABSTRACT

The review of normative documents and results of work of interdepartmental advisory councils (IAS) Russian Federation on establishment of a causal relationship of diseases, disability and death of the citizens who were affected by radiation factors owing to the Chernobyl accident were presented in the article.

Normative documents and the legislative base, regulating work of IAS on an establishment of a causal relationship of diseases, physical inabilities and death of the citizens, undergone to radiating influence owing to Chernobyl accident are considered. The results of the activities of the IAS if the Russian Federation for 2010–2014 are presented. On the basis of the research developed proposals to improve the interagency expert Council (MEC). The obtained results will help to unify the actions of experts, to objectify their conclusions in determining the causality of events and to reduce the level of errors in the expert practice of IAS on establishment of causal connection of diseases, disability and death of citizens exposed to radiation due to the Chernobyl disaster and other radiation accidents.

**Key words:** interdepartmental advisory councils (IAC), Chernobyl NPP, radiation accident, legislative base, organizational structure

## **Введение**

С момента взрыва реактора на четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС прошло 30 лет. Уже в первые годы после аварии стало очевидно, что чернобыльская катастрофа и ее последствия еще много лет будут оказывать свое влияние на здоровье людей, подвергшихся радиационному воздействию, на экологию, экономическое развитие, демографические и социально-психологические процессы в загрязненных радионуклидами территориях.

Все годы, прошедшие с момента аварии, среди специалистов продолжают дискуссии об объективности оценок наблюдаемых медицинских послед-

ствий чернобыльской аварии и корректности прогнозов ее отдаленных радиационных эффектов.

Участники поставарийных работ, далее именуемые как «ликвидаторы», оказались наиболее облученной и одной из наиболее многочисленных категорий населения, пострадавших в результате катастрофы, на которую в полной мере воздействовали все факторы радиационной аварии, главным из которых было ионизирующее излучение.

Изучение состояния здоровья населения, подвергшегося облучению в результате чернобыльской катастрофы, продолжает оставаться одной из важных проблем здравоохранения. Технология принятия управленческих решений в области здравоохранения

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва. E-mail: korovkina@fmbcfmba.ru

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of FMBA, Moscow, Russia. E-mail: korovkina@fmbcfmba.ru

требует организации долгосрочного наблюдения за состоянием здоровья, на основании которого должно планироваться проведение лечебно-оздоровительных мероприятий для снижения возможных отдаленных радиационных эффектов у пострадавшего от облучения населения, обеспечения качественного сбора и обработки медико-дозиметрических данных [1–4].

В рамках реализации мер социальной защиты лиц, получивших (перенесших) лучевую болезнь и другие заболевания, связанные с радиационным воздействием вследствие чернобыльской катастрофы или с работами по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, создана сеть межведомственных экспертных советов (МЭС) по установлению причинной связи заболевания с воздействием радиации [5, 6].

Исходной информацией для работы МЭС должны быть сведения о дозовых нагрузках на пациента. Источником этих данных могут являться записи в военных билетах, справки из военкоматов, архивные сведения Министерства обороны и территориальных учреждений, заверенные результаты индивидуальной дозиметрии, реконструированные дозы или материалы медико-дозиметрических регистров.

При необходимости экспертный совет может рекомендовать дозиметрическую и радиационно-эпидемиологическую экспертизу с привлечением для этой цели экспертов из соответствующих научно-исследовательских учреждений.

В настоящее время имеются определенные трудности в экспертизе состояния здоровья лиц, подвергшихся облучению, и аргументации связи с воздействием радиации [7–9].

Анализ литературных данных и результатов работы МЭС по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан, подвергшихся воздействию радиационных факторов, свидетельствует об исключительной сложности ретроспективной диагностики и экспертизы лучевых поражений. В экспертной практике нередки случаи необоснованной диагностики острой и хронической лучевой болезни при данных радиационного анамнеза, исключающих накопление соответствующих доз облучения. Наблюдается тенденция относить практически все соматические заболевания у детей облученных родителей к генетическим последствиям воздействия ионизирующей радиации. Известны случаи ошибочной прижизненной диагностики онкологических заболеваний в медицинских учреждениях общего профиля, не подтвержденные впоследствии результатами патологоанатомического или судебно-медицинского исследований [7–9].

Использование какого-либо перечня заболеваний в качестве критерия установления причинной

связи ущерба здоровью с воздействием радиационных факторов спорно и не позволяет избежать ошибок при принятии решения и практически предопределяет экспертные выводы диагнозов специалистами, не всегда компетентными в данной области знаний.

Экспертам необходимо аргументированное обсуждение связи изменений состояния здоровья с пространственно-временным распределением суммарной дозы облучения.

Оставляет желать лучшего законодательная база и современное состояние информационного обеспечения взаимодействия МЭС.

Это делает необходимым изучение деятельности и информационного обеспечения экспертных советов при установлении причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан РФ, подвергшихся радиационному воздействию вследствие радиационных аварий, разработки критериев экспертных оценок и внедрения новой документальной основы для экспертизы всех категорий пострадавших в России.

### **Организация работы МЭС в РФ**

Экспертные советы в РФ организованы в соответствии с Приказом Минздравсоцразвития РФ № 475 от 28.07.2005 (с изменениями на 26.01.2012) «О создании и организации деятельности межведомственных экспертных советов по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан, подвергшихся воздействию радиационных факторов» и Приказа Минздравсоцразвития РФ от 21 апреля 2005 г. № 289 «Об утверждении Положения о межведомственном экспертном совете по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан, подвергшихся воздействию радиационных факторов».

В приказе определены:

- Регламент деятельности МЭС по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан, подвергшихся воздействию радиационных факторов.
- Персональный состав МЭС по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан, подвергшихся воздействию радиационных факторов.
- Состав специалистов, входящих в рабочую группу МЭС по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан, подвергшихся воздействию радиационных факторов.

Функционирующие в настоящее время МЭС ежегодно проводят экспертизу медицинских документов лиц, пострадавших от последствий воздействия ионизирующей радиации, для установления причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан, подвергшихся радиационному воз-

действию вследствие аварий на Чернобыльской АЭС, производственном объединении «Маяк», испытаний ядерного оружия на Семипалатинском полигоне, жителей радиоактивно загрязненных территорий, детей облученных лиц, граждан, принимавших в составе подразделений особого риска непосредственное участие в испытаниях ядерного и термоядерного оружия, ликвидации аварий ядерных установок на средствах вооружения и военных объектах, имеющих соответствующие удостоверения.

Под причинной связью развившихся заболеваний и инвалидности лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, понимается связь между наступлением вредных последствий для здоровья указанных лиц и воздействием на них радиационных факторов вследствие чернобыльской катастрофы и других радиационных аварий.

Нормативно-правовая база, обеспечивающая деятельность межведомственных экспертных, советов включает:

1. Закон РСФСР № 1244-1 от 15 мая 1991 (с изменениями на 14 декабря 2015 г.) «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС».
2. Федеральный закон № 175 от 26 ноября 1998 г. ФЗ «О социальной защите граждан РФ, подвергшихся воздействию радиации вследствие аварии в 1957 г. на ПО «Маяк» и сбросов радиоактивных отходов в реку Теча».
3. Федеральный закон № 2 от 10 января 2002 г. «О социальных гарантиях гражданам, подвергшимся радиационному воздействию вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне»
4. Постановление Верховного Совета РФ от 27 декабря 1991 г. № 2123-1 «О распространении действия Закона РСФСР «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» на граждан из подразделений особого риска».
5. Постановление Правительства РФ от 4 ноября 2004 г. № 592 «Об утверждении списка заболеваний, возникновение или обострение которых обусловлено воздействием радиации вследствие катастрофы на ЧАЭС, аварии в 1957 г. на ПО «Маяк» и сбросов радиоактивных отходов в реку Теча».
6. Приказ Минздравсоцразвития РФ от 21 апреля 2005 г. № 289 «Об утверждении Положения о межведомственном экспертном совете по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан, подвергшихся воздействию радиационных факторов».
7. Приказ Минздравсоцразвития РФ от 28 июля 2005 г. № 475 «О создании и организации деятельности межведомственных экспертных советов по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан, подвергшихся воздействию радиационных факторов».
8. Приказ Минздравсоцразвития РФ № 386н от 07 августа 2008 г. «О внесении изменений в приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 28 июля 2005 г. № 475 «О создании и организации деятельности межведомственных экспертных советов по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан, подвергшихся воздействию радиационных факторов».
9. Письмо Минздравсоцразвития РФ № 916-18 от 28 марта 2006 г. «Перечень документов для представления в экспертный Совет ликвидатором аварии на ЧАЭС».
10. Постановление Правительства РФ № 728 от 02 октября 2002 г. «О порядке установления межведомственными экспертными советами причинной связи развившихся у детей заболеваний с последствиями ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне».
11. Закон РФ № 3061-1 от 18 июня 1992 г. «О внесении изменений и дополнений в Закон РФ «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» (с изменениями от 17.03.2007, 24.12.1993, 24.11.1995, 11.12.1996, 16.11.1997г).

В настоящее время в РФ функционируют шесть МЭС:

1. Российский МЭС создан на базе Федерального государственного учреждения «Российский научный центр рентгенорадиологии Федерального агентства по высокотехнологической медицинской помощи» (ФГБУ «РНЦРР» Минздрава России, г. Москва) и обслуживает население Центрального федерального округа.
2. Новосибирский региональный МЭС создан на базе Государственного новосибирского областного клинического диагностического центра (ГБУЗ НСО «ГНОКДЦ», г. Новосибирск) и обслуживает население Дальневосточного федерального округа и Сибирского федерального округа.
3. Ростовский региональный МЭС создан на базе Ростовского медицинского университета (ГБОУ ВПО РостГМУ Минздрава России, г. Ростов-на-Дону) и обслуживает население Южного федерального округа.
4. Санкт-Петербургский региональный МЭС создан на базе Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины МЧС России (ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никитова МЧС России, г. Санкт-Петербург) и обслуживает население Северо-Западного федерального округа и Приволжского федерального округа.

Таблица 1

**Результаты деятельности межведомственных экспертных советов РФ по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан, подвергшихся воздействию радиационных факторов, за 2010–2014 гг.**

| Год  | Всего обращений | Из них                                                        |              | В том числе по основным нозологическим формам<br>(от обратившихся с данной нозологической формой) |      |                                                            |      |                                                     |      |
|------|-----------------|---------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------|------|
|      |                 | Связь с воздействием ИИ<br>(по всем нозологическим формам), % |              | Новообразования: связь с воздействием ИИ, %                                                       |      | Болезни системы кровообращения: связь с воздействием ИИ, % |      | Болезни нервной системы: связь с воздействием ИИ, % |      |
|      |                 | Установлена                                                   | Нет          | Установлена                                                                                       | Нет  | Установлена                                                | Нет  | Установлена                                         | Нет  |
| 2010 | 3330            | 57,2                                                          | 38,6         | 85,6                                                                                              | 11,9 | 43,9                                                       | 49,7 | 13,0                                                | 80,3 |
| 2011 | 3660            | 52,7                                                          | 36,5         | 86,4                                                                                              | 13,6 | 44,4                                                       | 53,2 | 32,1                                                | 67,8 |
| 2012 | 3251            | 48,8                                                          | 51,2         | 69,2                                                                                              | 19,2 | 31,6                                                       | 71,6 | 2,0                                                 | 4,5  |
| 2013 | 3176            | 52,7                                                          | 36,0<br>37,5 | 80,9                                                                                              | 16,9 | 45,8                                                       | 47,2 | 43,1                                                | 54,1 |
| 2014 | 2547            | 53,1                                                          | 35,5         | 73,8                                                                                              | 21,9 | 48,5                                                       | 13,3 | 66,3                                                | 16,3 |

5. Челябинский региональный МЭС создан на базе федерального государственного учреждения науки «Уральский научно-практический центр радиационной медицины ФМБА России» (ФГБУН УНПЦ РМ ФМБА России, г. Челябинск) и обслуживает население Уральского федерального округа.

6. Федеральный МЭС создан на базе федерального государственного учреждения «Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России» (ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва) и обслуживает население Российской Федерации в целом.

При наличии подозрения на связь возникшего заболевания с радиационным воздействием вследствие чернобыльской катастрофы, в т.ч. с работами по ликвидации последствий катастрофы, пациент имеет право пройти экспертизу сначала в региональном МЭС в соответствии с описанным выше прикреплением по месту жительства. В случаях несогласия пациента с решением регионального совета, он имеет право обратиться для повторной экспертизы в федеральный МЭС.

Документы и заявление пациента о проведении экспертизы направляются в МЭС органом здравоохранения субъекта Российской Федерации. По результатам рассмотрения поступивших документов МЭС принимает решение об установлении (отказе в установлении) причинной связи заболеваний (инвалидности и смерти) гражданина с воздействием радиационных факторов, или об отложении рассмотрения дела в связи с необходимостью получения дополнительных сведений и (или) документов.

Действующий перечень заболеваний, возникновение или обострение которых обусловлено воздействием радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, в настоящий момент включает следующие нозологии:

1. Детерминированные эффекты (заболевания развиваются только при превышении установленного порога полученной дозы ионизирующего излучения):

- Острая и хроническая лучевая болезнь (Т66)
- Местное лучевое поражение (лучевые ожоги, L58)
- Лучевая катаракта (H26.8)
- Лучевой гипотиреоз (E 03.8)

2. Стохастические эффекты (порог дозы не установлен; заболевания регистрируются среди необлученного населения; воздействие ионизирующего излучения увеличивает частоту возникновения заболевания):

- Апластическая анемия (D 61.2)
- Новообразования (C 00-D 48)

Дополнительно МЭС имеют возможность учитывать современные научно-клинические данные о радиобиологических эффектах патогенного воздействия ионизирующего излучения и устанавливать связь отдельных заболеваний, не включенных в перечень, с воздействием радиационных факторов вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС.

С 2010 по 2014 гг. МЭС РФ рассмотрено 15964 экспертных дел. Результаты анализа ежегодных отчетов МЭС РФ за 2010–2014 гг. представлены в табл. 1 и 2.

Обращает на себя внимание наличие в поступающей отчетной информации сведений об установлении связи заболеваний нервной системы и системы кровообращения с радиационным воздействием при отсутствии таких заболеваний в утвержденном Перечне (Постановление Правительства РФ от 04 ноября 2004 г. № 592), а также публикаций МКРЗ и НКДАР о наличии таковой связи. Более детальный анализ отчетной информации показал наличие неточности в представляемых межведомственными экспертными советами сведений: цереброваскулярные заболевания были ошибочно классифицированы как заболевания нервной системы, хотя, согласно МКБ-10, они имеют код I60-I69 и должны классифицироваться

Таблица 2

**Доли основных заболеваний от общего количества рассмотренных обращений**

| Год  | Нозологические формы, % |                                |                         |
|------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|
|      | Новообразования         | Болезни системы кровообращения | Болезни нервной системы |
| 2010 | 37,0                    | 20,2                           | 35,2                    |
| 2011 | 39,5                    | 32,9                           | 3,6                     |
| 2012 | 41,1                    | 38,8                           | 2,7                     |
| 2013 | 37,9                    | 43,5                           | 3,9                     |
| 2014 | 52,9                    | 31,4                           | 4,6                     |

как заболевания системы кровообращения. В свою очередь, заболевания системы кровообращения связываются МЭС с радиационным воздействием на основе данных Национального радиационно-эпидемиологического регистра (ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский радиологический центр» Минздрава России), согласно которым прослеживается соответствующий положительный тренд для когорты лиц, участвовавших в 1986 г. в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС.

Установление причины заболевания очень часто является непростой задачей. Еще более сложная ситуация с лицами, подвергшимися воздействию ионизирующего излучения. Воздействие ионизирующего излучения не приводит к появлению новых заболеваний и синдромов (за исключением острой и хронической лучевой болезни и местных лучевых поражений), но может способствовать развитию заболеваний, которые наблюдаются и у необлученных пациентов. Если при больших дозах облучения можно достаточно уверенно говорить о причинно-следственной связи, то при облучении в малых дозах появление негативных последствий для здоровья носит вероятностный характер, и принять решение в отношении конкретного пациента является сложной экспертной задачей.

Анализ литературных данных и результатов работы межведомственных экспертных советов свидетельствует об исключительной сложности ретроспективной диагностики и экспертизы лучевых поражений

Использование какого-либо перечня заболеваний в качестве критерия установления причинной связи ущерба здоровью с воздействием радиационных факторов спорно и не позволяет избежать ошибок при принятии решения и практически предопределяет экспертные выводы диагнозов специалистами, не всегда компетентными в данной области знаний.

Решения должны приниматься экспертами, имеющими специальную подготовку в области радиационной медицины, на основании данных в каждом конкретном случае об условиях, времени и месте пребывания в зоне радиационного загрязнения (с учетом

его интенсивности), сроков выявления заболеваний, особенностей их течения, современных научных данных в области изучения отдаленных последствий воздействия радиации [4].

Таким образом, основным организационно-методическим принципом экспертизы причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти с воздействием радиационных факторов, по нашему мнению, является диагностика заболеваний, относящихся к детерминированным, стохастическим эффектам и генетическим последствиям радиационного воздействия, в специализированных медицинских учреждениях, подтвержденная в необходимых случаях данными патоморфологических исследований [8, 9].

Следует учитывать сведения о нерадиационных факторах, сопутствующих облучению и способствующих возникновению таких заболеваний, как гипертония, ишемическая болезнь, болезни опорно-двигательного аппарата, солидные опухоли и лейкоз. Показано отсутствие каких-либо особенностей в течении и исходе этих заболеваний, а также существование возможности практического выздоровления после перенесенной лучевой болезни [9–12].

На основе проведенных исследований разработаны предложения по совершенствованию работы МЭС:

1. Ускорение процесса оптимизации медико-организационных подходов к установлению связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан с последствиями радиационного воздействия путем принятия (с последующей реализацией) целевой программы оптимизации и повышения уровня экспертной деятельности. Это позволит на основе адресного доведения средств социальной защиты до граждан, подвергшихся радиационному воздействию вследствие техногенных аварий и нарушения норм радиационной безопасности населения, обеспечить достижение повышения готовности к экспертизе и результативности ее проведения.
2. Введение порядка, предполагающего перспективное планирование деятельности МЭС, с обязательным указанием источников финансирования за счет федерального и территориального бюджетов.
3. Приведение нормативной базы экспертизы причинной связи заболеваний с воздействием радиационных факторов в соответствие с современными научными данными.
4. Разработка научно обоснованных критериев причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти с воздействием радиационных факторов.
5. Гармонизация подготовки экспертных заключений для пострадавших граждан в результате радиационных аварий и инцидентов и совершенствование работы МЭС по установлению причинной связи

заболеваемости, инвалидности и смерти граждан с последствиями радиационных воздействий.

6. Оптимизация требований к специалистам, осуществляющим экспертную деятельность в составе МЭС, с обязательным контролем готовности экспертов к оценке причинной связи заболеваемости, инвалидности и смерти граждан с последствиями радиационных воздействий, а также оптимизация системы подготовки специалистов на базе действующих в системе МЭС курсов повышения профессиональной квалификации.

### Заключение

Проведенный анализ работы межведомственных экспертных советов по установлению причинной связи развившихся заболеваний, инвалидности и смерти с последствиями радиационных аварий и катастроф позволяет предположить, что возможные мероприятия по внесению дополнений и изменений в статьи «чернобыльского» законодательства следует планировать на основе формирования предложений о внесении изменений и дополнений в федеральные целевые программы преодоления последствий радиационных аварий и катастроф с целью улучшения социально-экономической ситуации на пострадавших территориях и привлечения в них инвестиций.

Полученные результаты позволят унифицировать действия экспертов, объективизировать их выводы при определении причинности событий и снизить уровень экспертных ошибок в практике межведомственных экспертных советов по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан, подвергшихся радиационному воздействию вследствие чернобыльской катастрофы и других радиационных аварий.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.К., Цыб А.Ф., Горский А.И. и соавт. Медицинские последствия аварии на ЧАЭС: прогноз и фактические данные Национального регистра (Материалы Российского Государственного медико-дозиметрического регистра) // Радиация и риск. 2002. № 13. С. 13–26.
2. Последствия облучения в результате Чернобыльской аварии для здоровья человека.— Приложение к докладу НКДАР Генеральной ассамблеи ООН. 55 сессия НКДАР ООН. Вена. 2007. Ас.82.R/667
3. Working Group on Assessment of Radiation Dose Commitment in Europe due to the Chernobyl Accident. Radiation levels: WHO reports on Chernobyl // IAEA Bulletin. 1986. V. 28. P. 27–29.
4. Ильин Л.А. Реалии и мифы Чернобыля. — М.: ALARA Limited. 1994. 470 с.
5. Сборник нормативных документов к Закону Российской Федерации «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС». — М.: Энергоатомиздат. 1993. 238 с.
6. Бушманов А.Ю., Гуськова А.К., Краснюк В.И., Галстян И.В. Методическое пособие по установлению связи заболеваний с воздействием ионизирующего излучения.— М., ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. 2009. 27 с.
7. Гуськова А.К. Трудности в экспертизе при установлении связи заболеваний с воздействием радиации в отдаленные сроки после облучения и методы по их преодолению // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2010. Т. 55. № 1. С. 81–85.
8. Гуськова А.К. Трудности и ошибки в интерпретации данных о связи заболеваемости и смертности различных категорий лиц с воздействием ионизирующего излучения // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2010. Т. 55. № 6. С. 72–74.
9. Туков А.Р., Гуськова А.К. Анализ опыта и источников ошибок в оценке состояния здоровья лиц, вовлеченных в радиационные аварии // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 1997. Т. 42. № 5. С. 5–10.
10. Иванов В.К., Максютлов М.А. и соавт. Радиационно-эпидемиологический анализ неонкологических заболеваний ликвидаторов Чернобыльской катастрофы // Радиация и риск. 2001. Вып. 12. С. 82–98.
11. Туков А.Р., Гнеушева Г.И. Суворова Ю.В., Дикарев В.А. Заболеваемость неонкологическими болезнями лиц, подвергающихся профессиональному радиационному воздействию // Медицина экстремальных ситуаций. 2013. № 3 (45), С. 4–20.
12. Geoghegan D., Dinks K., Gillies M. et. al. The non-cancer mortality experience of workers at British Nuclear Fuels plc., 1946–2005 // Internat. J. Epidemiol. 2008. V. 37. № 3. P. 506–518.

Поступила: 25.01.2016

Принята к публикации: 22.03.2016

Редакция журнала выражает искреннюю благодарность за фотоматериал, использованный при оформлении второй и третьей страниц обложки. Фото представили:

В. Ободзинский, Е. Наконечная, Р.Ф. Арутюнян (ИБРАЭ РАН)

А.О. Лохин, С.Ю. Мильто, В.В. Яшин (ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России)