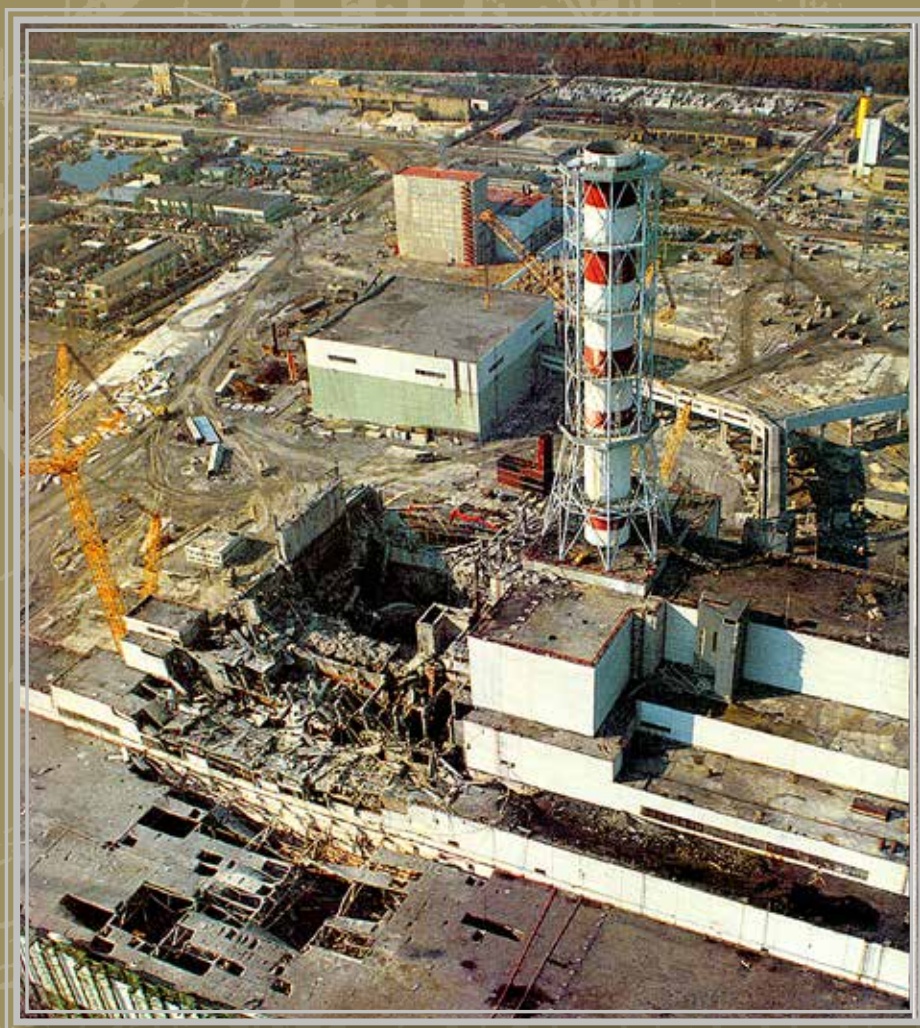


Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук

Российский национальный доклад

35 ЛЕТ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России

1986—2021



**ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ДОКЛАД**

35 ЛЕТ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ

**Итоги и перспективы
преодоления ее последствий в России**

1986—2021

Москва, 2021

Российский национальный доклад 35 ЛЕТ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2021

Под общей редакцией Л. А. Большова

Авторы:

А. А. Финогенов, В. А. Ткачев

(МЧС России)

**А. М. Локшин, В. Г. Асмолов, В. И. Верпета, С. В. Кузьмин, А. Н. Дорофеев,
А. П. Панфилов**

(Госкорпорация «Росатом»)

**В. М. Шершаков, В. Г. Булгаков, С. М. Вакуловский, И. И. Крышев, М. Н. Каткова,
А. А. Бурякова**

(ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета)

М. Н. Козлов

(Рослесхоз)

Н. И. Голубева

(Минобрнауки)

В. В. Иванов

(Президиум РАН)

И. И. Линге, В. Ф. Стрижов, Е. М. Мелихова, И. Л. Абалкина, А. В. Симонов

(ИБРАЭ РАН)

Т. А. Марченко, А. В. Алымов, Г. Г. Аккужина

(ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России)

И. К. Романович, М. И. Балонов, Г. Я. Брук

(ФБУН НИИРГ им. профессора П. В. Рамзаева Роспотребнадзора)

И. А. Галстян, М. И. Грачев, Ю. А. Саленко

(ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России)

**В. К. Иванов, М. А. Максютков, С. Ю. Чекин, К. А. Туманов, С. А. Иванов,
А. Д. Каприн**

(ФГБУ НМИРЦ Минздрава России)

Н. И. Санжарова, С. В. Фесенко, О. А. Шубина

(ФГБНУ ВНИИРАЭ)

П. В. Прудников

(ФГНУ «Брянскагрохимрадиология»)

А. А. Мартынюк, С. А. Родин, А. Н. Раздайводин, А. И. Радин, Д. Ю. Ромашкин

(ФБУ ВНИИЛМ Рослесхоза)



Уважаемые читатели!

В этом году исполняется 35 лет аварии на Чернобыльской АЭС. В истории мировой атомной энергетики это была первая авария, потребовавшая применения масштабных мер по защите населения и многолетних усилий по восстановлению жизни на радиационно загрязненных территориях.

Большую роль в работах по ликвидации аварии и преодолении ее последствий сыграла советская наука. Уже в первые дни перед учеными были поставлены беспрецедентные по масштабу и сложности научно-технические задачи, требовавшие решения в самые сжатые сроки. Возглавившие эту работу крупные отечественные специалисты и ученые определили приоритетные направления исследований, которые в дальнейшем получили широкое развитие.

Напряженная работа по изучению последствий аварии стимулировала в первую очередь развитие тех научных дисциплин, без которых атомная энергетика развиваться не может. Это — повышение надежности атомных станций, развитие систем аварийного реагирования, вопросы управления безопасностью, поведение радионуклидов в окружающей среде, их влияние на здоровье населения и др. В связи с масштабностью гуманитарных последствий Чернобыля были развернуты социально-психологические исследования, произошло философское переосмысление феномена мирного атома.

В настоящее время масштабные практические работы по преодолению последствий аварии завершены, жизнь на подавляющей части радиационно загрязненных территорий нормализовалась, за исключением некоторых аспектов, связанных с восприятием радиационного риска. Безопасность российской атомной энергетики обеспечивается на принципиально ином качественном уровне по всем аспектам, включая инженерно-технические, организационные, кадровые и др. В обществе растет понимание того, что аварии чернобыльского типа на современных АЭС невозможны, «камнем преткновения» и в этом случае остается восприятие риска.

Серьезной проверкой стала авария на японской АЭС «Фукусима». В 2011 году российские специалисты продемонстрировали возможность быстрой оценки ситуации и подготовки убедительного прогноза для руководства страны. Но сформировавшееся в начале 1990-х годов общественное представление о смертельной опасности техногенной радиации сохраняется до настоящего времени.

Важность адекватного восприятия рисков для здоровья со всей очевидностью продемонстрировала начавшаяся в марте 2020 года пандемия коронавируса. Она унесла много жизней, но вернула обществу понимание ключевой роли науки в борьбе с новыми угрозами.

Чернобыльская трагедия постепенно уходит в прошлое, становится частью национального культурного кода. К сожалению, формирование исторической памяти о чернобыльской аварии шло не столько через научные аргументы, сколько через эмоциональный отклик населения на действия государства, оцениваемые через призму понятий о справедливости/несправедливости, героизме/трусости, правде/сокрытии правды. Именно здесь следует искать истоки общественных представлений о сотнях тысяч и миллионах жертв чернобыльской радиации. Ученые и специалисты, посвятившие чернобыльской тематике годы и десятилетия напряженной работы, считают крайне важным еще раз напомнить обществу основные уроки Чернобыля, а также результаты работ и исследований, которые велись на протяжении трех десятилетий.

Хочу выразить уверенность, что проблемы Чернобыля останутся в поле зрения российской науки, в том числе специально созданного Института проблем безопасного развития атомной энергетики РАН.

*Президент Российской академии наук,
академик*



А. М. Сергеев



Первый Национальный доклад Российской Федерации по проблемам преодоления последствий Чернобыльской катастрофы вышел к 10-й годовщине аварии. В его подготовке активно участвовали специалисты нашего института, который в то время выполнял функции головной организации по информационно-аналитической поддержке МЧС России в части государственного управления всеми работами по данному направлению. Национальный доклад, представлявшийся на международной конференции МАГАТЭ «10 лет после Чернобыля» и опубликованный в России, впервые продемонстрировал консолидированную позицию органов государственного управления и научных организаций по столь сложной проблеме.

Наша инициатива по подготовке настоящего, шестого по счету, доклада была поддержана всеми заинтересованными министерствами и ведомствами. Структура доклада и состав участ-

ников в основном сохранен, при этом объем документа заметно сократился за счет исключения материалов, приводившихся в предшествующих докладах. В 6-й доклад добавлен новый раздел, посвященный урокам Чернобыля для российской атомной отрасли, аварийного реагирования и общества в целом. В подготовке этого раздела, отражающего проведенную после аварии чрезвычайно сложную, многогранную и масштабную работу, приняли участие ведущие специалисты Госкорпорации «Росатом». В приложении к докладу приведен перечень организаций и расширенный список специалистов, внесших значимый вклад в решение проблем преодоления последствий чернобыльской катастрофы.

В последующие годы, в 2001, 2006, 2011 и 2016 гг., подобные доклады готовились под эгидой МЧС России. В них достаточно подробно раскрывалось содержание реализовавшихся в те годы государственных программ. В 2015 году была завершена последняя такая программа, в 2022 году будет завершена программа Союзного государства, решающая в основном методические и информационные задачи. Мы считаем эту ситуацию оправданной: радиационная обстановка радикальным образом улучшилась, многократно сократился и масштаб задач по применению специальных мер в сельском и лесном хозяйстве, акцент в реабилитации территорий сместился в направлении обычных задач интенсификации земледелия и лесопользования; специалисты продолжают заниматься этими вопросами. В загрязненных районах существенно улучшена инфраструктура здравоохранения, функционируют специализированные медицинские центры.

В завершение отмечу, что в докладе предпринята попытка более четкой констатации ситуации. Основные положения, важные для понимания современного положения дел на загрязненных территориях и итогов работ, выделены в конце каждого крупного раздела. В двух приложениях приводятся перечень организаций и специалистов, внесших решающий вклад в первые пять самых трудных лет и в дальнейшем, список цитируемой литературы.

Научный руководитель ИБРАЭ РАН,
академик РАН

Л. А. Большов

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ ПРЕЗИДЕНТА РАН	3
ПРЕДИСЛОВИЕ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ ИБРАЭ РАН.....	5
1 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО МИНИМИЗАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ В 1986–1991 гг.	8
1.1 АВАРИЯ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС.....	8
1.2 УПРАВЛЕНИЕ РАБОТАМИ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ.....	10
1.3 ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ МЕРЫ ПО ЗАЩИТЕ НАСЕЛЕНИЯ И ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	11
1.4 ВЫРАБОТКА СТРАТЕГИИ ЗАЩИТНЫХ МЕР В УСЛОВИЯХ ПОЛИТИЧЕСКОГО КРИЗИСА	14
1.5 КРАТКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ	14
2 РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИИ.....	17
2.1 ОЦЕНКА МАСШТАБОВ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В СССР И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	17
2.2 СОВРЕМЕННЫЕ ОЦЕНКИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ.....	21
2.3 ИЗМЕНЕНИЕ УСЛОВИЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ	23
2.4 РАДИАЦИОННЫЕ РИСКИ ДЛЯ ФЛОРЫ И ФАУНЫ	24
2.5 ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА.....	26
2.6 ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА.....	28
2.7 КРАТКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ	31
3 ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ И МЕДИЦИНСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ.....	33
3.1 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО МИНИМИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ	33
3.2 УСТАНОВЛЕНИЕ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННОЙ СВЯЗИ С ОБЛУЧЕНИЕМ.....	36
3.3 ЛИКВИДАТОРЫ	37
3.4 НАСЕЛЕНИЕ.....	47
3.5 КРАТКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54

4 ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ПРОГРАММЫ ПРЕОДОЛЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧАЭС	56
4.1 ЗОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	56
4.2 ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ПРОГРАММЫ	59
4.3 ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	62
4.4 ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ	65
4.5 ДРУГИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ	69
4.6 КРАТКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
5 ПЕРЕХОД К УСЛОВИЯМ НОРМАЛЬНОЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	72
5.1 КРИТЕРИИ ВЫВОДА НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ИЗ ЗОН ЗАГРЯЗНЕНИЯ	72
5.2 ПРОБЛЕМЫ ВОЗВРАЩЕНИЯ В ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТЧУЖДЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ	73
5.3 КРАТКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ	77
6 УРОКИ ЧЕРНОБЫЛЯ	78
6.1 УРОКИ ДЛЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ	78
6.2 УРОКИ ДЛЯ АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ	86
6.3 УРОКИ ДЛЯ ОБЩЕСТВА	90
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ОРГАНИЗАЦИИ И СПЕЦИАЛИСТЫ РОССИИ, ВНЕСШИЕ РЕШАЮЩИЙ ВКЛАД В РАБОТЫ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧАЭС в 1986–1991 гг.	94
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ЛИТЕРАТУРА	97

1

Организация работ по минимизации последствий аварии в 1986–1991 гг.

Понимание всего исторического наследия Чернобыля невозможно без объективного анализа организации, выполнения и оценки реально достигнутых результатов начальной стадии противоаварийных мероприятий. Авария на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) произошла еще в СССР, стране с системой управления, обладавшей как выраженными достоинствами, так и недостатками. Совпавшее по времени с аварией начало крупномасштабных реформ в экономике и государственном управлении наложило серьезные ограничения на возможность принятия и реализации эффективных решений по ликвидации последствий аварии. Всё это привело к ряду ошибок стратегического характера, последствия которых будут ощущаться в социальной и экономической сферах еще длительное время. В эти же годы ценой героических усилий тысяч специалистов были выполнены чрезвычайно важные работы по изоляции аварийного реактора, защите населения и реабилитации загрязненных территорий, что позволило многократно снизить неблагоприятные радиологические последствия аварии для здоровья населения.

1.1 Авария на Чернобыльской АЭС

25 апреля 1986 г. на Чернобыльской АЭС шла подготовка к остановке 4-го энергоблока на планово-предупредительный ремонт, во время которого предполагалось проведение эксперимента с обесточиванием оборудования АЭС и использованием механической энергии выбега ротора турбогенератора для обеспечения работоспособности систем безопасности энергоблока. Вследствие диспетчерских ограничений остановка реактора несколько раз откладывалась, что вызвало определенные трудности с управлением мощностью реактора.

26 апреля в 01:24 после запланированного отключения системы аварийного охлаждения безопасно заглушить реактор не удалось; произошел неконтролируемый рост мощности, который привел к взрывам и разрушению значительной части реакторной установки (рис. 1.1). В результате аварии в окружающую среду было одновременно выброшено значительное количество радиоактивных веществ. Интенсивный выброс продолжался более двух недель. В этот период радиоактивному загрязнению подверглись территории десятков стран (раздел 2).

Разрушение реактора было совершенно неожиданным для персонала и руководства ЧАЭС. Следствием стали неадекватные действия и неполное информирование органов управления в первые часы после аварии. Позже, когда масштабы аварии стали очевидны, руководство страны также не предприняло нужных действий в области информирования населения СССР и прилегающих стран. Несмотря на возможность серьезных радиационных последствий облучения вблизи от станции и доказательства трансграничного переноса, первое официальное сообщение об аварии появилось только на третьи сутки. Еще через несколько дней были предприняты меры по засекречиванию данных о реальных и прогнозируемых последствиях аварии.



Рисунок 1.1.
Площадка ЧАЭС
с разрушенным
энергблоком,
1986 г.

После взрыва на четвертом энергоблоке главный удар приняла на себя противопожарная служба ЧАЭС. Выброшенные из реактора фрагменты активной зоны вызвали пожар на крыше машинного зала и в реакторном зале. Оперативно прибывшим на место аварии пожарным предстояло работать в условиях крайне высоких радиационных полей. Благодаря их самоотверженным и слаженным действиям пожар был полностью ликвидирован за пять часов. Все работавшие на крыше пожарные (69 человек) получили высокие дозы облучения, у многих были обширные ожоги. Несмотря на активное лечение, включая трансплантацию костного мозга, 28 человек из числа пожарных и персонала ЧАЭС умерли в первые сто дней после аварии. Подвиг пожарных отмечен высокими государственными наградами. В честь погибших героев во многих городах бывшего СССР позже были установлены памятники и памятные знаки.

Последующий анализ причин аварии на ЧАЭС показал их системный характер. Техническое несовершенство конструкций реактора сочеталось с отсутствием межведомственного и внутриведомственного информирования о нарушениях в работе на других АЭС¹ и пренебрежительным отношением к установленным правилам и нормам безопасности на всех уровнях управления атомными станциями.

Катастрофический характер последствий аварии и глобальный характер радиоактивного загрязнения далеко не сразу привел к коренному пересмотру отношения к вопросам и внутреннего и внешнего информирования. Руководство страны достаточно тяжело принимало решение о предоставлении детальной информации об аварии в МАГАТЭ. В августе 1986 года на совещании экспертов МАГАТЭ советские специалисты представили отчет [1] с анализом причин аварии и прогнозом ее последствий, в том числе и для здоровья населения, но в СССР доступ к этим материалам был ограничен. Несмотря на объявленный ЦК КПСС в начале марта 1986 года курс на гласность и открытость, данные о радиационных последствиях чернобыльской аварии оставались засекреченными вплоть до 1988 года.

В июне 1988 года в г. Обнинск прошла первая Всесоюзная конференция «Радиационные аспекты Чернобыльской аварии». В работе конференции приняли участие более 530 ведущих ученых и специалистов учреждений Госкомгидромета, Академии наук, Академии медицинских наук, Министерства здравоохранения, Госагропрома, Министерства атомной энергетики СССР и др. В докладах участников были представлены результаты исследований радиационных последствий чернобыльской аварии в первые два года (1986–1988 гг.) [2].

¹ Эффекты положительной реактивности, ставшие физической причиной чернобыльской аварии, наблюдались на ректорах данного типа и ранее, в том числе на Ленинградской АЭС в 1975 г., на 1-м блоке Чернобыльской АЭС в 1982 г. и на Игналинской АЭС в 1983 г.

Рисунок 1.2.
Мемориал
ликвидаторам
аварии на ЧАЭС
на Митинском
кладбище Москвы



1.2 Управление работами по ликвидации последствий аварии

В соответствии с существовавшей в СССР практикой, уже в 10 часов утра 26 апреля была организована Правительственная комиссия по расследованию причин аварии во главе с заместителем председателя Совета Министров СССР Б. Е. Щербиной. В 20.30 того же дня члены комиссии прибыли на место аварии и взяли на себя руководство, координацию и контроль работ, выполнявшихся организациями и учреждениями министерств и ведомств, воинскими формированиями, республиканскими и местными органами власти. Основные усилия Правительственной комиссии были направлены на разработку оперативных мероприятий по локализации аварии и ликвидации ее последствий и защите проживающего вблизи АЭС населения.

Уже в первые часы и дни работа Правительственной комиссии сопровождалась глубокими противоречиями. Понимание безусловной необходимости привлечения научного потенциала к принятию решений по конкретным вопросам сочеталось с полным отсутствием научной экспертизы при постановке стратегических целей. По рекомендации ученых и специалистов Правительственная комиссия приняла чрезвычайно важные решения по останову 1-го и 2-го блоков ЧАЭС, экстренной эвакуации жителей города Припяти и 30-километровой зоны, забросу в разрушенный реактор стабилизирующих материалов и другие. В то же время задача скорейшей ликвидации последствий аварии и возобновления работы ЧАЭС считалась стратегически важной, поэтому решения по ускоренной дезактивации площадки (до осени 1986 года), вводу в эксплуатацию трех работоспособных энергоблоков, завершению строительства объекта «Укрытие» и ряд других принимались на высшем уровне государственного управления без серьезной научной проработки.

29 апреля 1986 года к работе приступила Оперативная группа Политбюро ЦК КПСС, которую возглавил Председатель Совета Министров СССР Н. И. Рыжков. Тогда же были сформированы республиканские комиссии и областные штабы, оперативные группы министерства обороны, гражданской обороны, начальника химических войск и начальника инженерных войск. Партийное руководство определяло цели и задачи в основном из политических соображений. Во многих случаях это вело к установлению неоправданно жестких сроков выполнения работ и привлечению необоснованно больших контингентов неподготовленных людей к работам в радиационно опасных условиях. 29 мая вышло постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР, в котором интенсификация работ по дезактивации зоны ЧАЭС была объявлена первоочередной задачей,

имеющей важное социально-экономическое и политическое значение. Для ее выполнения позволялось в массовом порядке привлекать военнообязанных запаса, несмотря на отсутствие у них какого-либо опыта работы с источниками ионизирующих излучений и без учета возможных дозовых затрат.

Новизна, долгосрочный и комплексный характер задач, возникавших при ликвидации последствий аварии, требовали серьезной научно-технической поддержки. Уже в 1986 году Советом Министров СССР были приняты решения о начале масштабных научных исследований последствий аварии и подготовке научно обоснованных решений по защите населения и окружающей среды. Руководство и координация исследований возлагались на Межведомственный координационный совет по научным проблемам Чернобыля при Президиуме Академии наук СССР под руководством академика А. П. Александрова. Также были созданы специальные рабочие группы и научно-исследовательские центры по отдельным проблемам, в том числе Всесоюзный центр радиационной медицины в Киеве. К работам были привлечены крупные советские ученые и организаторы науки, которые определили приоритетные задачи и сформировали несколько направлений исследований и научных школ для их решения.

Суммируя, можно утверждать, что беспрецедентный объем выполненных в 1986 году работ частично обесценивался стратегическими ошибками и просчетами, долговременные последствия которых во многих отношениях стали для общества более серьезными, чем сама авария. К ним следует отнести:

- интенсификацию работ по дезактивации и восстановлению объектов инфраструктуры Чернобыльской АЭС и привлечение беспрецедентно больших контингентов к ведению работ в зоне ЧАЭС;
- запаздывание с защитными мерами по предотвращению облучения щитовидной железы на больших расстояниях от ЧАЭС;
- отсутствие информирования населения и общественности, в том числе научной.

В период до 1989 года руководство работами по ликвидации последствий аварии осуществлялось централизованно и отражало иерархию власти в СССР. На высшем уровне была Оперативная группа Политбюро ЦК КПСС, далее шли Правительственная комиссия по чрезвычайным ситуациям, отраслевые, республиканские и областные комиссии. Научную поддержку работ осуществляли специальный Научный Совет АН СССР, а также специализированные научные комиссии, в том числе НКРЗ СССР. В последующий период роль республиканских органов управления и научных организаций быстро возрастала, а к исходу 1991 года стала доминировать.

1.3 Первоочередные меры по защите населения и охране окружающей среды

1.3.1 Меры по локализации радиоактивного выброса в 30-километровой зоне ЧАЭС

Работа по ликвидации последствий аварии проходила в несколько этапов. Первый этап занял примерно 2 недели (с 26.04 по 6–9.05.86 г.). За это время были эвакуированы порядка 150 тысяч жителей (население г. Припять и 30-километровой зоны вокруг ЧАЭС), в том числе по понтонному мосту, наведенному 30 апреля через реку Припять. Благодаря засыпке с военных вертолетов в эпицентр аварии теплоотводящих и фильтрующих материалов была значительно снижена интенсивность радиоактивного выброса. Остановлены уцелевшие три реактора Чернобыльской АЭС, получены и проанализированы первые данные, характеризующие масштаб произошедшей аварии. Начато широкомасштабное привлечение научных кадров, личного состава Министер-

ства обороны (в том числе и резервистов), экономического и промышленного потенциала страны.

Второй этап продолжался с мая до конца декабря 1986 года. Основные работы этого этапа:

- под 4-м блоком сооружена бетонная охлаждаемая защита, предотвращающая поступление топливосодержащих масс;
- опорожнены емкости бассейна-барботера;
- сооружена «стена в грунте», препятствующая миграции радионуклидов с подземными водами за территорию промплощадки ЧАЭС;
- проведена обваловка берегов реки Припять; построены гидротехнические сооружения, препятствующие загрязнению воды в водохранилищах Днепровского каскада;
- сооружен объект «Укрытие». Саркофаг — сложнейшее инженерное сооружение высотой более 50 м и внешними размерами 200x200 м — накрыл 4-й энергоблок ЧАЭС и позволил прекратить масштабный выброс радиоактивности в атмосферу².

Достигнутый к концу 1986 года уровень ядерной и радиационной безопасности на аварийном реакторе и прилегающей территории позволил ввести в эксплуатацию 1-й и 2-й энергоблоки ЧАЭС.

На третьем этапе (1987—1989) был выполнен большой комплекс дезактивационных работ на самой станции и на прилегающей территории, а также введен в эксплуатацию 3-й энергоблок ЧАЭС. Под давлением общественности ранее принятое решение о завершении строительства 5-го и 6-го энергоблоков было пересмотрено; находившиеся в высокой степени готовности здания, сооружения и оборудование пришлось законсервировать. Для эксплуатационного персонала ЧАЭС был построен город Славутич. На выбранных для строительства города территориях и поблизости имелись пятна повышенного радиоактивного загрязнения, что потребовало выполнения дополнительных работ. В эти годы также был выполнен значительный объем работ по обращению с радиоактивными отходами (РАО).

На всех трех этапах работы проводились с широкомасштабным привлечением военной техники и личного состава Министерства обороны: кадровых военных, солдат срочной службы, призванных из запаса гражданских лиц.

К концу 1980-х годов пришло понимание, что справиться с последствиями аварии в 30-км зоне в ближайшие несколько лет и даже несколько десятилетий не удастся. В этот же период стали проявляться негативные последствия ряда защитных мер, в том числе в водоохранной сфере [3]. Акценты сместились с ликвидации последствий аварии к их минимизации, и на первый план вышла задача обеспечения безопасности населения загрязненных территорий.

1.3.2 Медицинская помощь пострадавшим

Возникшие с первых часов аварии задачи по оказанию медицинской помощи пострадавшим решались оперативно и эффективно, в первую очередь, благодаря уникальному опыту специалистов Института биофизики, полученному при оказании медицинской помощи пострадавшим в других радиационных авариях. Через двое суток 237 человек с первичным диагнозом «острая лучевая болезнь» были доставлены в специализированные клиники Москвы и Киева. Большинство тяжелых пациентов лечились в московской Клинической больнице № 6 на базе Института биофизики (см. главу 3). Еще через несколько дней силами Института биофизики и Ленинградского научно-исследова-

² Объект «Укрытие» продолжал выполнять свою задачу вплоть до 2019 года, когда в эксплуатацию был введен новый безопасный контеймент, полностью накрывший старое сооружение.

тельского института радиационной гигиены были развернуты работы по оценке доз и путей облучения населения на наиболее загрязненных территориях Белорусской ССР (Гомельская и Могилевская области) и РСФСР (Брянская область). Специалисты Института медицинской радиологии Академии медицинских наук СССР (г. Обнинск) организовали дозиметрические измерения щитовидной железы в западных районах Калужской области, а позже инициировали создание Всесоюзного распределенного медико-дозиметрического регистра лиц, пострадавших от аварии на ЧАЭС (см. главу 3).

1.3.3 Меры по радиационной защите ликвидаторов и населения

Уже в течение первого месяца после аварии была сформирована система дозиметрического обеспечения участников работ, в том числе были определены допустимые пределы облучения персонала, регламенты функционирования многочисленных санитарных пропускников, порядки учета доз облучения и действий в случае их превышения. Их практическая реализация осуществлялась в разных организациях с разной степенью надежности, в большей степени в зависимости от предшествующего опыта работ. Наиболее эффективно эта работа проводилась в организациях Минсрэдмаша СССР.

Начиная с конца мая 1986 года интенсивность защитных и реабилитационных мер определялась в рамках концепции зонирования территорий. В основе зонирования лежали данные обследований радиационной обстановки в населенных пунктах, в том числе инструментальные измерения плотности загрязнения почвы отдельными радионуклидами (см. главу 5). При организации работ в лесном и сельском хозяйстве использовались данные по загрязнению лесных и сельскохозяйственных угодий и производимой продукции.

В 1986 году был проведен большой объем дозиметрических обследований населения с инструментальным определением содержания радиойода; высокие оценки доз облучения щитовидной железы во многих случаях подтвердились. В последующие годы проводились масштабные обследования населения на установках СИЧ³; значительно повышенные содержания радионуклидов цезия в организме человека выявлялись только в редких случаях.

Вплоть до 1988 года основные мероприятия были ограничены зоной жесткого радиационного контроля, где плотность загрязнения была выше 15 Ки/км². В границах этой зоны общей площадью 10340 км² проживали около 273 тысяч граждан трех советских республик, из них около 100 тысяч в РСФСР. Для снижения уровней облучения жителей зоны жесткого контроля до установленного на первый год аварии предела дозы 100 мЗв⁴ вводились санитарно-гигиенические ограничения, дезактивация, в некоторых случаях жителей переселяли.

По мере уточнения радиационной обстановки расширялась зона проведения работ, наращивались объемы реабилитационных мероприятий. Эти меры позволяли существенно снизить дозы облучения: предел дозы для населения на второй год был снижен до 30 мЗв, на третий год — до 25 мЗв; однако многочисленные ограничения серьезно нарушили привычный жизненный уклад. В конце 1988 года, опираясь на научные рекомендации и понимание негативных социально-экономических и медико-гигиенических последствий многочисленных ограничений, Правительство утвердило рекомендованную Научной комиссией по радиационной защите (НКРЗ СССР) концепцию, по которой переселение требовалось только в тех местах, где в отсутствие контрмер прогнозируемая доза дополнительного облучения за 70 лет жизни могла превысить

³ ВСИЧ-диагностика (спектрометрия излучения человека) — определение содержания гамма-излучающих радионуклидов в теле человека, ингаляционной составляющей внутреннего облучения человека, содержания Sr-90 в костной ткани.

⁴ В те годы практический порог вредного действия радиации был определен на уровне 250 мЗв.

350 мЗв. Предложенный НКРЗ критерий был в 3 раза жестче принятого в международной практике уровня для переселения (1000 мЗв за жизнь), тем не менее, во многих населенных пунктах он позволял снять режим ограничений в течение ближайших лет и начать постепенный переход к нормализации жизни. В другой части зоны жесткого контроля нужно было провести интенсивные защитные и реабилитационные меры с тем, чтобы со временем также снять большинство ограничений. Там, где ожидаемая доза за жизнь превышала критерий 350 мЗв за 70 лет, жителей нужно было переселять в другие районы.

Однако в условиях нарастающего политического кризиса в стране реализовать принятые Правительством решения не удалось.

1.4 Выработка стратегии защитных мер в условиях политического кризиса

С развитием политики гласности появившаяся информация о принятых после чернобыльской аварии мерах по засекречиванию данных стала объектом жесткой общественной критики. Вскоре недоверие распространилось и на весь комплекс работ по ликвидации последствий аварии, включая решения органов управления и рекомендации советских ученых [4, 5].

Несмотря на реальное снижение доз облучения населения и улучшение радиационной обстановки на загрязненных территориях, негативное отношение общества к решениям советского руководства только усиливалось, а защитные меры воспринимались как недостаточные. По поводу концепции НКРЗ СССР развернулась острая дискуссия. Жители и местные власти считали единственно адекватной защитной мерой переселение на «чистые» территории.

В данной ситуации Правительство СССР обратилось в МАГАТЭ с просьбой провести независимую экспертизу. Для ее проведения был реализован Международный чернобыльский проект, в котором приняли участие около 200 экспертов из десятка стран. Международные эксперты, подтвердившие достаточность, а в некоторых случаях и избыточность принимаемых защитных мер, как и их советские коллеги, исходили из радиологической ситуации и не смогли в полной мере оценить роль социально-психологических и политических факторов. Ориентируясь на общественные ожидания накануне 5-й годовщины аварии и не дожидаясь окончательных итогов международной экспертизы, Совет Министров СССР утвердил альтернативную концепцию проживания на загрязненных территориях. Эта социально-ориентированная концепция легла в основу принятого в сентябре 1991 г. Закона СССР «О социальной защите граждан, пострадавших вследствие Чернобыльской катастрофы».

По новому закону к пострадавшим были отнесены жители территорий с плотностью загрязнения цезием выше 1 Ки/км², соответственно численность затронутого мерами вмешательства населения выросла до 7 млн человек. Последовавший вскоре распад СССР создал ситуацию, в которой принятые государством обязательства по отношению к затронутому аварией населению оказались в принципе невыполнимыми в полном объеме (подробнее см. главу 5).

1.5 Краткое заключение

В течение первых пяти лет благодаря самоотверженным усилиям сотен тысяч специалистов удалось выполнить беспрецедентно большой объем работ по стабилизации обстановки в 30-километровой зоне и на загрязненных территориях Украины, Белоруссии и России [5]. В Приложении А к настоящему докладу приведены

наименования организаций и имена специалистов и ученых, внесших решающий вклад в обеспечение безопасности населения нашей страны и мира непосредственно после аварии, а также посвятивших чернобыльской тематике годы и десятилетия напряженной работы.

1. Авария на Чернобыльской АЭС стала первой в истории мировой атомной энергетики тяжелой аварией с длительным и масштабным выбросом радиоактивных веществ в окружающую среду, потребовавшей полномасштабного применения защитных мер за пределами станции, в том числе на больших расстояниях от нее.
2. Предпринятые меры позволили в первые две недели значительно снизить, а спустя полгода практически полностью прекратить поступление радиоактивных веществ из аварийного реактора в окружающую среду. Своевременно проведенная эвакуация исключила детерминированные эффекты у населения ближней зоны ЧАЭС, однако из-за отсутствия необходимого в первые недели оповещения населения не удалось предотвратить или ограничить облучение щитовидной железы у населения удаленных территорий.
3. Уже в течение первого года после аварии были завершены такие важные для долгосрочной безопасности работы, как сооружение саркофага над энергоблоком № 4, дезактивация и восстановление инфраструктуры энергоблоков № 1 и № 2 ЧАЭС.
4. Наряду с принятием эффективных мер по решению сложных инженерно-технических задач, в вопросах, которые рассматривались на уровне ЦК КПСС без проведения какой-либо научной экспертизы, были допущены просчеты, в том числе стратегического характера. Уникальность сложившейся ситуации управления, общественные ожидания решительных мер по радиационной защите населения, чрезмерная уверенность в возможности быстрой ликвидации последствий катастрофы, а также политические соображения привели к решениям о засекречивании информации для населения, установлению неоправданно жестких сроков работ и привлечению необоснованно больших контингентов людей, неподготовленных к работам в радиационно опасных условиях. Результатом непоследовательности в информационной политике стало развитие общественной реакции на аварию по негативному сценарию. После рассекречивания данных о последствиях аварии у жителей сформировались необоснованные ожидания ухудшения здоровья из-за действия радиации. Защитные меры, позволившие существенно снизить дозы облучения населения и улучшить радиационную обстановку на наиболее загрязненных территориях, оценивались как недостаточные, а нормализация жизни считалась невозможной вплоть до полного устранения дополнительных радиационных рисков.
5. В условиях острого социально-политического кризиса правительство СССР поставило под сомнение концепцию советских ученых и обратилось за экспертной помощью в МАГАТЭ. В последующий период оно отказалось от подходов, предложенных отечественными специалистами, и в еще большей степени — от рекомендаций Международного чернобыльского проекта [6], исходя из социально-ориентированных критериев. Альтернативные критерии нормализации жизни на загрязненных территориях, закрепленные в 1991 году в законе СССР о социальной защите пострадавших граждан, многократно расширили масштаб взятых на себя государством социально-экономических обязательств, не ограничив их во времени.
6. Закрепленная в законе чрезмерная привязка защитных мер, затрагивающих разные сферы жизни, к характеристикам радиоактивного загрязнения, в том числе к *плотности загрязнения* почвы радионуклидами, которая была оправдана в острый

период аварии, на этапе восстановления оставила без внимания важные социально-экономические факторы, влияние которых на дозы облучения оказалось в разы и на порядки сильнее, и лишила управление рисками на загрязненных территориях необходимой гибкости.

7. Авария инициировала глубокий анализ методов и концепций, лежавших в основе подходов к безопасной эксплуатации АЭС на национальном и международном уровнях. Реализация новых подходов включала в себя:
 - ревизию состояния безопасности всех ядерных реакторов в СССР и прекращение эксплуатации некоторых из них;
 - постановку и реализацию долгосрочных международных исследовательских программ по вопросам безопасности, в том числе исследований состояния разрушенного при аварии 4-го энергоблока [7].
 - внесение изменений в конструкцию и режимы эксплуатации реакторов типа РБМК-1000;
 - ускоренное развитие методов анализа и обоснования безопасности энергоблоков в условиях аварий;
 - начало формирования новой системы международных требований и стандартов в области ядерной безопасности (позже закрепленных в международных конвенциях «О ядерной безопасности», «Об оповещении при ядерной аварии», «Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами» и др.) и в области культуры безопасности.

2

Радиоэкологические последствия аварии

2.1 Оценка масштабов радиоактивного загрязнения в СССР и Российской Федерации

Авария привела к беспрецедентному выбросу радиоактивных веществ в атмосферу и долговременному загрязнению обширных территорий Европы и прилегающих морских акваторий. Выброс радиоактивных веществ продолжался с разной интенсивностью более 10 дней. Все его характеристики (интенсивность, высота, радионуклидный и физико-химический состав) менялись со временем сложным образом. В ряде регионов прохождение радиоактивных облаков совпало с движением грозových фронтов, что привело к высокой интенсивности влажных выпадений радиоактивности. Во многих случаях, особенно в отдаленных регионах Европы, решающую роль в формировании загрязнения сыграл горный рельеф местности. В результате характер загрязнения территорий, находящихся на расстоянии в сотни и тысячи километров от аварийного блока, оказался сильно неоднородным [4].

Действовавшие в те годы в СССР и других странах системы мониторинга радиационной обстановки были ориентированы в основном на контроль за соблюдением режима нераспространения ядерного оружия (наблюдения за появлением в атмосфере характерных радионуклидов, сопровождающих испытания ядерного оружия) и контроль нормальной эксплуатации объектов атомной энергетики и промышленности (наблюдения за окружающей средой в условиях незначительных изменений параметров радиационной обстановки). Сложившаяся после аварии ситуация была принципиально иной. Трансграничный характер загрязнения требовал надлежащего информационного обмена между странами. Советские специалисты представили первые оценки аварийного выброса основных радионуклидов на совещании экспертов МАГАТЭ в августе 1986 года, однако в международной научной кооперации по картографированию чернобыльского загрязнения СССР вплоть до 1989 года не участвовал⁵. В связи с этим работы по уточнению параметров поступившей в окружающую среду радиоактивности и общей картины загрязнения заняли несколько лет. Уточненная картина загрязнения европейской части СССР была опубликована специалистами Госкомгидромета в 1990 году [8, 9]. В последующие годы еще вносились отдельные коррективы и уточнения. В целом работа по систематизации разнородных данных и восстановлению характеристик суммарного радиоактивного выброса была завершена к 2006 году [10].

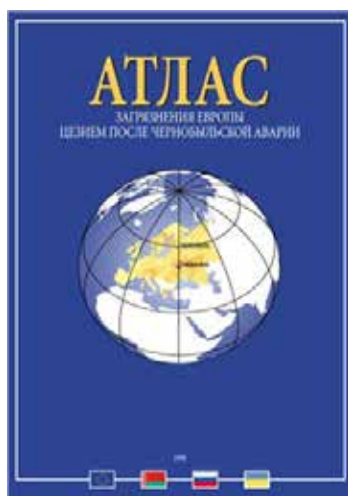
Аэродисперсная система начального выброса, определившая характер радиоактивного загрязнения земной поверхности, состояла из топливных частиц, «горячих» частиц и «летучей» фракции, соотношение между которыми менялось во времени. Выпадение топливных частиц и значительной части тугоплавких радионуклидов произошло в основном в ближней 30-километровой зоне станции, вследствие чего они, в том числе радионуклиды плутония, не имели радиологической значимости для населения за пре-

⁵ В последующий период российские специалисты принимали участие в большинстве международных проектов по оценке радиоактивного загрязнения окружающей среды вследствие аварии на Чернобыльской АЭС.

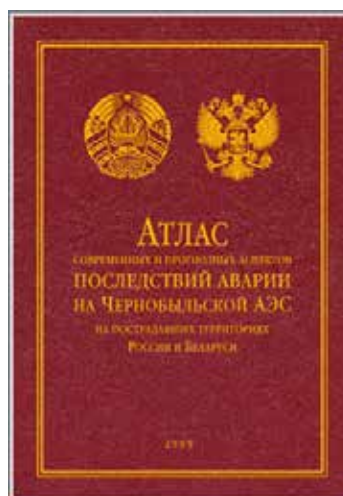
делами этой зоны. Основная часть выпадений со значимым вкладом изотопов стронция-90 также была сосредоточена вблизи от ЧАЭС, хотя отдельные участки с повышенными уровнями загрязнения стронцием были выявлены на территории Украины и Белоруссии и за пределами этой зоны. В долгосрочном плане основные радиоэкологические последствия на большей части чернобыльского следа, в том числе в Российской Федерации, были связаны с ^{137}Cs (период полураспада 30 лет), общий выброс ^{137}Cs которого оценивается на уровне 85 ПБк, в том числе около 19 ПБк (22%) выпало на территории России.

Распространение радиоактивных веществ из разрушенного реактора происходило главным образом в различных слоях тропосферы и в силу меняющихся метеорологических условий шло в различных направлениях. Атмосферные выпадения на Европейском континенте в апреле-мае 1986 г. создали исключительно мозаичную картину загрязнения приземного слоя воздуха и земной поверхности. В этот период ведущим фактором, характеризующим радиационную обстановку на большинстве территорий, был изотоп ^{131}I , а критическим путем воздействия на территориях, где начался пастбищный выпас скота, стала молочная цепочка. Из-за чрезвычайного характера ситуации и малого периода полураспада ^{131}I количество достоверных данных измерений о пространственном распределении выпавшего радиоактивного йода оказалось недостаточным для уверенной оценки дозовых нагрузок; исследования в этом направлении продолжаются до настоящего времени [11].

После распада СССР в Российской Федерации основное внимание уделялось уточнению радиационной обстановки на наиболее загрязненных территориях, где плотность по ^{137}Cs была выше $0,55 \text{ МБк/м}^2$ (15 Ки/км^2). В 1991—1992 гг. в связи с принятием законов СССР и РСФСР о социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие чернобыльской катастрофы, проводилось уточнение перечней населенных пунктов на территориях с плотностью от 1 Ки/км^2 (37 кБк/м^2) и выше. В 1993—1995 гг. был создан атлас радиоактивного загрязнения Европейской части Российской Федерации и атлас радиоактивного загрязнения Европы ^{137}Cs . В 2009 году был опубликован «Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси» [12]. Рисунки 2.1 и 2.2, показывающие фактические уровни радиоактивного загрязнения территорий Брянской области России в 1986 году и прогнозные значения через 70 лет, построены по данным этого атласа.



Атлас загрязнения Европы цезием после Чернобыльской аварии. Европейская комиссия. 1998



Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси, 2009

Рисунок 2.1.

Плотность загрязнения местности ^{137}Cs в результате аварии на Чернобыльской АЭС по состоянию на 1986 г.

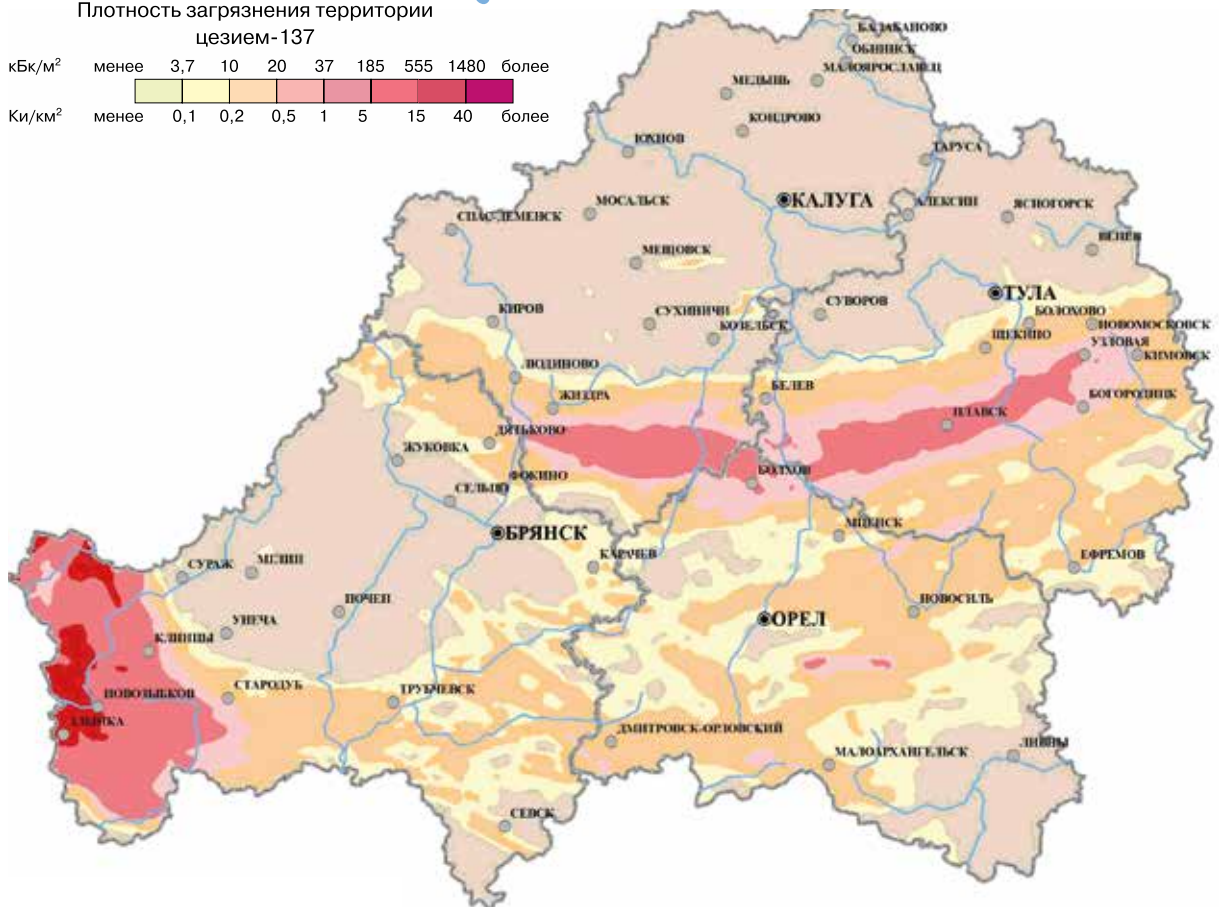
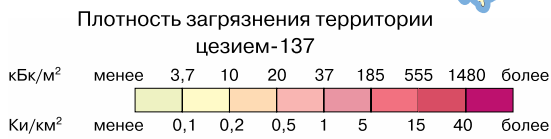
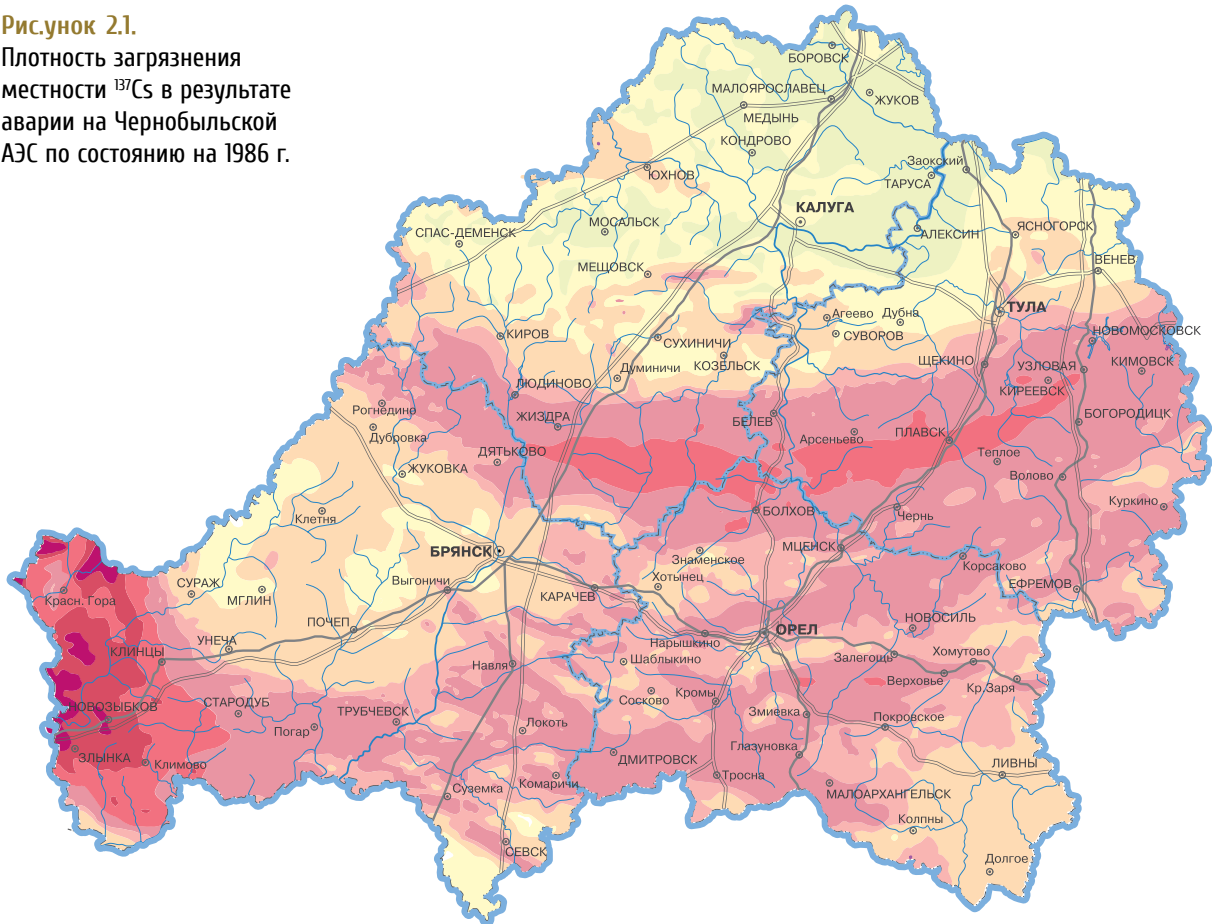
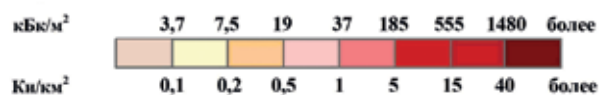


Рисунок 2.2.

Прогноз плотности загрязнения местности ^{137}Cs в результате аварии на Чернобыльской АЭС к 2056 г.



Многолетние исследования показали, что изменения радиационной обстановки на территории Российской Федерации имеют предсказуемый характер, и выявленные закономерности устойчивы во времени. Основную роль в этом процессе играют:

- естественный распад радионуклидов;
- заглупление радионуклидов под действием природно-климатических процессов;
- фиксация радионуклидов в геохимических и почвенных структурах;
- перераспределение радионуклидов в почвенном слое за счет антропогенного воздействия.

Самоочищение территории происходит не только вследствие процессов радиоактивного распада, но и за счет проникновения радиоактивного цезия вглубь почв, горизонтального перемещения цезия, сорбированного на почвенных частицах, и отчуждения его с урожаем. Наблюдения показали, что значимость горизонтальной миграции весьма мала — в большинстве случаев она не приводила к измеряемому переносу радионуклидов между ландшафтными комплексами. Вертикальная миграция за счет естественных процессов протекала на различных ландшафтах с разной скоростью в зависимости от типов почв и степени их увлажнения, в первые 10—15 лет заметную роль играли процессы конвекции и диффузии. На пахотных угодьях, в личных подсобных хозяйствах и населенных пунктах основной вклад в процессы вертикальной миграции давала механическая обработка почв (вспашка), которая приводила к перераспределению цезия по вертикали почвенного профиля.

Систематические наблюдения за уровнями радиоактивного загрязнения рек России на территории аварийного чернобыльского следа были начаты весной 1987 г. (в 1986 г. проводились эпизодические измерения). Наблюдения показали снижение объемной активности ^{137}Cs в воде рек Ока, Плава, Жиздра, Упа с уровней 0,4—0,7 Бк/л в 1987 году до 0,07—0,13 Бк/л к началу 1990-х гг. [13]. В настоящее время уровни загрязнения воды в реках, протекающих по загрязненным территориям Брянской области, и в колодцах, расположенных в самых загрязненных населенных пунктах, на два-три порядка ниже уровней вмешательства, установленных НРБ-99/2009.

Исключение составляют несколько непроточных водных объектов и расположенных вблизи них населенных пунктов (например, озеро Кожановское на юго-западе Брянской области) [14]. Из-за загрязнения донных отложений в выловленной рыбе продолжают регистрироваться сверхнормативные уровни содержания ^{137}Cs . Эпизодическое превышение (в десятки раз) санитарно-гигиенических нормативов содержания ^{137}Cs до настоящего времени наблюдается также в мясе диких животных (лось, косуля, кабан) в лесах юго-западной части Брянской области.

В целом к 2056 г. прогнозируется почти пятикратное сокращение общей площади загрязненных свыше 1 Ки/км² территорий Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей, с 43 тыс. км² в 1986 г. до 8,9 тыс. км².

В настоящее время работы по контролю радиоактивного загрязнения в Российской Федерации проводятся по нескольким направлениям. Росгидромет осуществляет общий мониторинг радиационной обстановки в приземном воздухе, атмосферных выпадениях, на землях суши и в поверхностных водах и оценивает радиационную безопасность окружающей среды на основе природоохранных критериев (исключая человека). Организации сельскохозяйственного профиля проводят контроль радиоактивного загрязнения сельхозугодий и сельхозпродукции для реализации защитных мероприятий в аграрном секторе; организации лесного хозяйства занимаются решением лесохозяйственных задач на загрязненных территориях. Организации, занимающиеся радиационно-гигиеническим мониторингом, определяют текущие и накопленные дозы облучения населения.

2.2 Современные оценки радиоактивного загрязнения территории России

В настоящее время радиоактивное загрязнение чернобыльского происхождения фиксируется в более чем 11 тыс. населенных пунктов [15, 16]. Контроль продолжается, но в связи с выраженной предсказуемостью поведения радионуклидов в окружающей среде его объемы в последние годы существенно сокращены. Ежегодно ИПМ ФГБУ «НПО «Тайфун» проводит экспедиционные обследования по уточнению плотности радиоактивного загрязнения ^{137}Cs . В 2015–2019 гг. были обследованы 145 населенных пунктов различных субъектов РФ, расположенных в зоне радиоактивного загрязнения. Обследования включали измерения МАЭД на территориях населенных пунктов и отбор проб почвы на глубину 30 см для последующего гамма-спектрометрического анализа в лабораторных условиях. Полученные экспериментальные результаты по содержанию ^{137}Cs в почве населенных пунктов в целом хорошо согласуются с расчетными оценками [17, 18, 19].

В табл. 2.1 представлены данные по количеству населенных пунктов в загрязненных районах Европейской территории России по состоянию на 01.01.2020. По сравнению с аналогичными данными за 2012 год число населенных пунктов в зонах загрязнения заметно сократилось, в первую очередь за счет слабозагрязненных территорий 1–5 Ки/км² (табл. 2.2).

Таблица 2.1. Распределение количества населенных пунктов в субъектах Российской Федерации на территориях, загрязненных в результате чернобыльской аварии, по уровню ^{137}Cs (по состоянию на 01.01.2020)

№	Субъекты РФ	Количество н.п.	<1 Ки/км ²	1–5 Ки/км ²	5–15 Ки/км ²	15–40 Ки/км ²	>40 Ки/км ²
Центральный федеральный округ							
1	Белгородская	543	535	8			
2	Брянская	1850	1362	307	166	14	1
3	Воронежская	1148	1140	8			
4	Калужская	563	380	178	5		
5	Курская	1104	1046	58			
6	Липецкая	212	205	7			
7	Московская	9	9				
8	Орловская	1540	1214	326			
9	Рязанская	566	477	89			
10	Смоленская	79	79				
11	Тамбовская	111	111				
12	Тульская	2348	1550	780	18		
Южный федеральный округ							
13	Волгоградская	5	5				
14	Ростовская	2	2				

Продолжение табл. 2.1.

№	Субъекты РФ	Количество н.п.	<1 Ки/км ²	1–5 Ки/км ²	5–15 Ки/км ²	15–40 Ки/км ²	>40 Ки/км ²
Приволжский федеральный округ							
15	Нижегородская	138	138				
16	Пензенская	170	164	6			
17	Саратовская	13	13				
18	Ульяновская	128	128				
19	Респ. Башкортостан	16	16				
20	Респ. Марий Эл	23	23				
21	Респ. Мордовия	331	331				
22	Респ. Чувашия	27	27				
Северо-Западный федеральный округ							
23	Новгородская	82	82				
24	Ленинградская	156	153	3			
Всего:							
на 01.01.2020		11164	9190	1770	189	14	1
на 01.01.2005		11687	8308	3017	306	53	2
на 01.01.1999		11695	7529	3664	428	74	2

Таблица 2.2. Изменения количества населенных пунктов в зонах радиоактивного загрязнения по федеральным округам

Федеральный округ	>1 Ки/км ²		В том числе >5 Ки/км ²	
	2012 г.	2020 г.	2012 г.	2020 г.
Центральный	2684	1965	278	204
Приволжский	24	6	0	0
Северо-Западный	13	3	0	0
Южный	1	0	0	0

Пространственное распределение ¹³⁷Cs отличается значительной неоднородностью. Пример современного распределения этого радионуклида на участках вблизи населенных пунктов в наиболее загрязненных районах Брянской и Калужской областей (по состоянию на январь 2020 г.) представлен в таблице 2.3. Максимальные значения плотности загрязнения почвы ¹³⁷Cs в этих районах превышают средние уровни в 2–3 раза. В зонах отчуждения в Брянской области, на которых не проживает население, на отдельных участках плотности загрязнения почвы ¹³⁷Cs превышают средние уровни в 8–25 раз. За пределами этих локальных участков загрязнение ¹³⁷Cs территории в России в настоящее время ниже радиационно-гигиенического и экологического критериев, не превышение которых обеспечивает радиационную безопасность населения и охрану природной среды. Плотность загрязнения территории ⁹⁰Sr повсеместно значительно ниже (на один-два порядка) по сравнению с ¹³⁷Cs.

Таблица 2.3. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs и ^{90}Sr в окрестностях населенных пунктов России на 01.01.2020 г., кБк/м²

Область/район	^{137}Cs		^{90}Sr	
	средняя	максимальная	средняя	максимальная
Брянская				
Гордеевский	245±36	610±160	4,0±0,6	8,3±1,4
Злынковский	311±53	840±180	13±2	22±4
Клинцовский	145±19	410±60	4,0±1,0	9±2
Красногорский	230±87	490±210	7,0±2,0	21±8
Новозыбковский	349±34	860±190	7,0±2,0	15±4
Калужская				
Жиздринский	51±8	112±17	3,6±1,5	6,8±3,0
Ульяновский	89±9	161±19	3,3±0,4	4,4±0,3
Хвастовичский	43±10	131±30	2,3±0,6	4,9±1,2
Критерий отчуждения территории	1480		111	
КУ, экологический*	2000		800	

Примечание: * КУ- контрольный уровень, экологический критерий в соответствии с Р 52.18.853-2016, пересчитанный на кБк/м².

2.3 Изменение условий жизнедеятельности населения

В наиболее загрязненных районах часть сельскохозяйственных земель пришлось вывести из оборота либо ввести ограничения на отдельные виды сельскохозяйственной деятельности. В ряде случаев это были значительные по площади территории. Связанные с этим негативные социально-экономические последствия аварии в наибольшей степени проявились в аграрном секторе. Потребительский рынок в этих районах был нарушен, снизился объем рыночного товарооборота, уехали многие специалисты и квалифицированные рабочие. В условиях сложившейся системы санитарного контроля и негативного отношения населения других регионов к продукции из чернбыльских районов местным жителям пришлось столкнуться с проблемами самостоятельной реализации своей продукции в других регионах. Помимо этого, довольно часто на загрязненных территориях наблюдались различного рода самоограничения — люди стали меньше отдыхать на природе, сокращать поголовье личного скота и птицы, количество выращиваемого картофеля, овощей и фруктов, ограничивать потребление продуктов питания местного производства и т. д. [3].

Ограничения на лесопользование вводились в основном на юго-западе Брянской области России. Лесохозяйственная деятельность была полностью прекращена в лесах общей площадью 30 тыс. га, где загрязнение почвы цезием превышало 555 кБк/м² (15 Ки/км²). На лесной площади 1200 тыс. га, загрязненной на уровнях ниже 555 кБк/м² (15 Ки/км²), были введены ограничения на ведение лесохозяйственной деятельности, что неблагоприятно сказалось на санитарном состоянии этих лесов.

Тяжелая социально-экономическая ситуация на загрязненных территориях усугублялась сложной психологической обстановкой, обусловленной спецификой восприятия населением радиационного риска. Введенные в первые годы после аварии многочисленные запретительные и ограничительные меры (ограничения на потребление и свободную реализацию продуктов местного производства и личных подсобных хозяйств, ограничения на использование навоза, дров из местных лесов, запрет сбора грибов, лесных ягод и др.) серьезно нарушали традиционный уклад жизни. Введение этих мер действительно обеспечило эффективное снижение доз внутреннего облучения людей, особенно в 1986—1989 гг., но их пролонгация способствовала формированию у жителей неадекватного восприятия тяжести последствий аварии и повышению социально психологической напряженности.

2.4 Радиационные риски для флоры и фауны

Многолетняя динамика мощности дозы облучения организмов наземной биоты характеризуется постепенным снижением (рис. 2.3), обусловленным процессами физического распада этих радионуклидов и их миграцией вглубь почвы. В настоящее время дозовые нагрузки на наземную биоту на загрязненных участках территории Брянской области за пределами зон отчуждения в среднем более чем на порядок ниже установленных безопасных уровней облучения биоты (БУОБ) [20]. В других областях России дозовые нагрузки на природную биоту — еще более низкие.

Чернобыльская авария привела к долгосрочному загрязнению озер и замкнутых водоемов, в том числе расположенных на значительном удалении от ЧАЭС [13, 14]. По данным наблюдений, в 1993 г. содержание ^{137}Cs в мышцах озерной рыбы (щука) в озере Кожановское в Брянской области достигало 70 кБк/кг сырого веса, что в 540 раз выше санитарно-гигиенического норматива [14]. К настоящему времени содержание ^{137}Cs в озерной рыбе снизилось на два порядка по сравнению с этим максимальным значением. Многолетняя динамика дозы облучения рыбы в озере Кожановское представлена на рис. 2.4. В настоящее время мощности дозы облучения озерной рыбы на два порядка ниже БУОБ, водных растений — на три порядка ниже БУОБ, однако всё еще остаются выше фоновых значений.

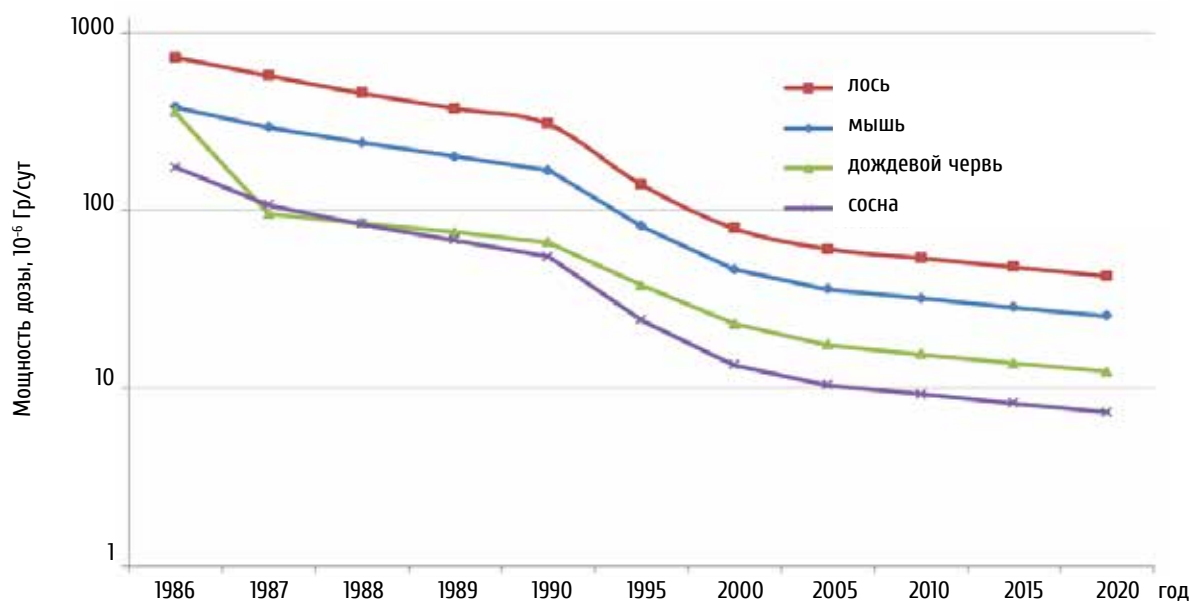


Рисунок 2.3. Многолетняя динамика мощности дозы облучения организмов наземной биоты на загрязненных участках Гордеевского района Брянской области (1986*—2020). 1986* — по данным за май—декабрь 1986 г. БУОБ для позвоночных животных и сосны — 1 мГр/сут, для беспозвоночных животных и растений — 10 мГр/сут.

Особенностью загрязнения лесов и непроточных водоемов являются относительно медленные скорости снижения содержания радиоактивного цезия в ряде компонентов лесной и водной биоты. Это приводит к замедленным темпам снижения дозовых нагрузок на организмы лесной и озерной биоты.

За пределами наиболее загрязненных территорий дополнительное облучение организмов биоты практически не выходило за пределы вариаций природного фона. Так, например, для сосны на участках чернобыльского следа в Новгородской области уровни облучения в 1986 г. составляли 0,007 мГр/сут, а для мха 0,03 мГр/сут, что в сотни раз ниже БУОБ.

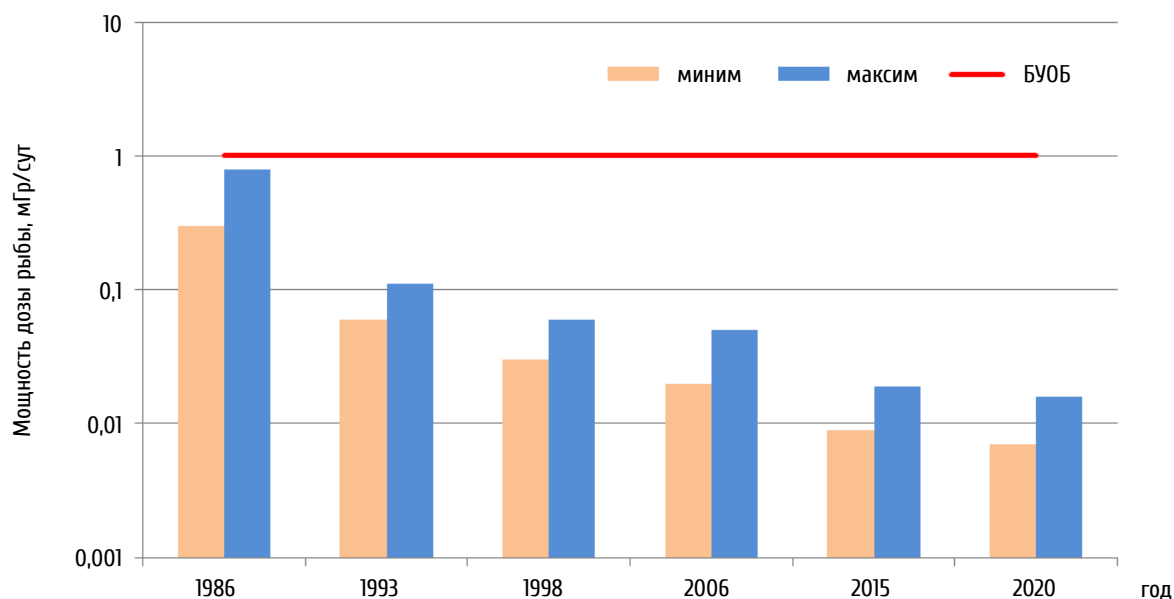


Рисунок 2.4. Оценка мощности дозы для рыбы озера Кожановское (Гордеевский район Брянской области)

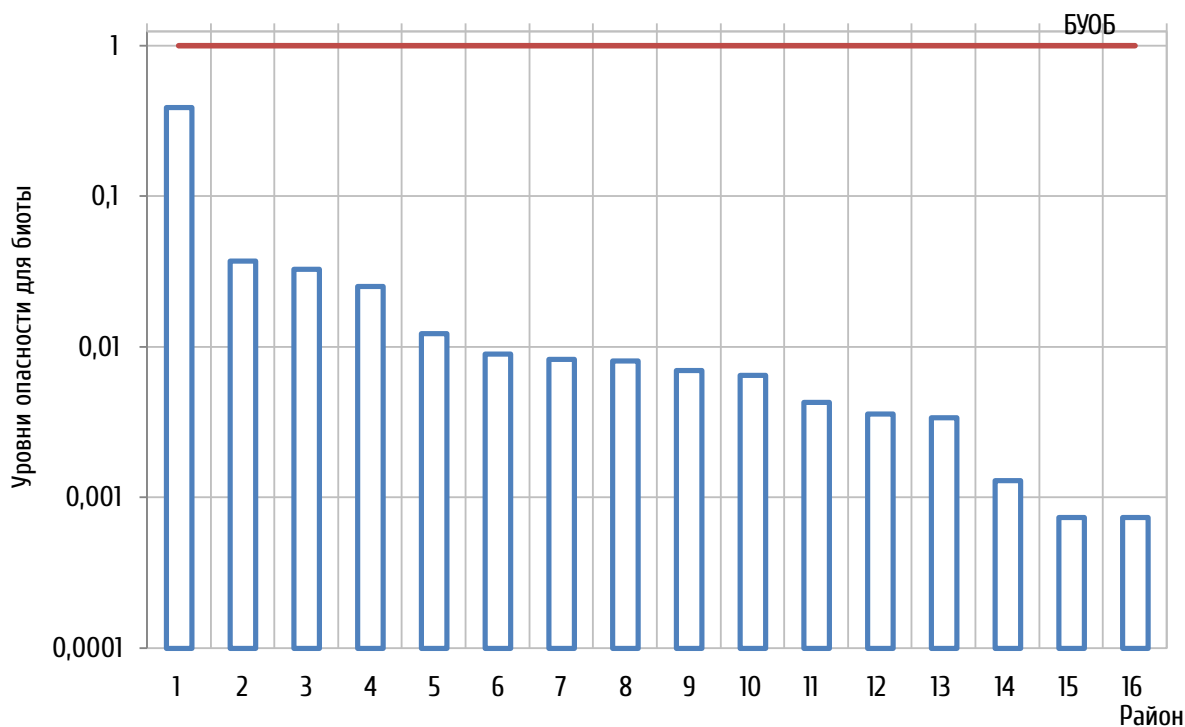


Рисунок 2.5. Уровни опасности для биоты на загрязненных участках территории Калужской области: 1 – участки с максимальным загрязнением в мае 1986 г.; загрязненные участки по районам (по состоянию на 01.01.2020 г.): 2 – Ульяновский, 3 – Хвостовичский, 4 – Жиздринский, 5 – Людиновский, 6 – Думиничский, 7 – Козельский, 8 – Куйбышевский, 9 – Мещовский, 10 – Кировский, 11 – Перемышльский, 12 – Бабынинский, 13 – Сухиничский, 14 – Юхновский, 15 – Боровский, 16 – Малоярославецкий

Пример максимальных (в 1986 г.) и современных уровней опасности для биоты в различных районах Калужской области, загрязненных после чернобыльской аварии, представлен на рис. 2.5. В качестве меры опасности для биоты принято максимальное отношение мощности дозы облучения организмов биоты к величине БУОБ на участках территории с повышенными уровнями загрязнения почвы.

Наиболее высокие значения экологического риска, в десятки раз ниже БУОБ, характерны для Ульяновского, Хвастовического и Жиздринского районов. Уровни экологического риска в наименее загрязненных районах (Боровский, Малоярославецкий) в 50 раз ниже по сравнению с наиболее загрязненными.

2.5 Последствия для сельского хозяйства

2.5.1 Динамика загрязнения почв

В зону загрязнения попали более 2,3 млн гектаров сельскохозяйственных земель на территориях Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областей. Загрязнение затронуло треть всех земель, отведенных под сельскохозяйственное производство в этих областях. Максимальные плотности радиоактивных выпадений ^{137}Cs были выявлены в Брянской области: здесь 9,8 тыс. гектаров сенокосов и пастбищ и 7,3 тыс. гектаров пахотных земель с плотностью загрязнения почвы выше 1480 кБк/м² (40 Ки/км²) были отнесены к зоне отчуждения и временно выведены из землепользования. Загрязнение стронцием-90 (^{90}Sr) было незначительным и не требовало применения защитных мероприятий [21, 22].

За 35 лет в результате радиоактивного распада радиационная обстановка существенно улучшилась. По сравнению с 1987 годом площади загрязненных земель сельскохозяйственного назначения в четырех областях сократились в два и более раз; в Брянской области площадь угодий, относящихся к зоне отчуждения, сократилась на порядок (табл. 2.4).

По прогнозу специалистов ВНИИРАЭ, к 2050 году из зоны загрязнения могут быть выведены ~42% сельскохозяйственных земель, где в настоящее время плотность загрязнения ≤ 15 Ки/км². В Красногорском районе Брянской области наиболее загрязненные сенокосы и пастбища можно будет использовать без ограничений по радиационному фактору только к 2180 году.

Таблица 2.4. Динамика площадей сельскохозяйственных земель, загрязненных ^{137}Cs , по зонам радиоактивного загрязнения в 1987–2019 гг., гектаров

Область	Год	Плотность загрязнения почв ^{137}Cs				Всего, тыс. га
		1–5 Ки/км ²	5–15 Ки/км ²	15–40 Ки/км ²	>40 Ки/км ²	
Брянская	1987	401 400	186 600	97 600	17106	703
	2007	260 400	125 400	30 900	5 450	422
	2015	235 200	110 600	27 900	4 600	378
	2019	238931	91630	19836	1 614	352
Калужская	1987	111 700	33 100	700	-	146
	2007	107 531	12 599	-	-	120
	2015	93 733	5 397	-	-	99
	2019	92 416	3532	-	-	96

Продолжение табл. 2.4.

Область	Год	Плотность загрязнения почв ^{137}Cs				Всего, тыс. га
		1–5 Ки/км ²	5–15 Ки/км ²	15–40 Ки/км ²	>40 Ки/км ²	
Орловская	1987	652 086	16 668	-	-	669
	2007	414 660	7 362	-	-	422
	2015	286 367	4 944	-	-	291
	2019	238 330	4 785	-	-	243
Тульская	1987	653 000	125 700	-	-	779
	2007	502 100	55 000	-	-	557
	2015	488 050	24 910	-	-	513
	2019	371900	800	-	-	373

Примечание: по данным Брянского, Калужского, Тульского, Плавского, Орловского и Верховского центров химизации и сельскохозяйственной радиологии МСХ РФ

2.5.2 Динамика загрязнения сельскохозяйственной продукции

В первые недели после аварии на Чернобыльской АЭС основную проблему с точки зрения формирования доз облучения людей представлял радиоактивный йод (^{131}I). В конце апреля — начале мая 1986 г. молочный скот начали выпасать на пастбищах, и в загрязненных регионах были зарегистрированы пиковые значения суммарной активности загрязнения молока, обусловленные присутствием в нем ^{131}I . В последующие месяцы и годы наибольшую значимость стали представлять изотопы цезия ^{134}Cs и ^{137}Cs . Вклад изотопов стронция (^{89}Sr и ^{90}Sr) в загрязнение сельхозпродукции и облучение населения был невелик.

В течение первого года в пяти наиболее загрязненных районах Брянской области до 80% произведенного зерна, молока и кормов были загрязнены выше ВДУ-86. В трех районах Калужской области превышение нормативов отмечалось для 70% зерна, в Тульской области — до 15% сельскохозяйственной продукции. В последующие годы произошло снижение содержания ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции за счет сорбции радионуклидов в почве и проведения защитных мероприятий. В Калужской области превышение контрольных уровней отмечалось до 2000 года. В Тульской и Орловской областях в силу характера почв ситуация была более благоприятной. В Тульской области превышения наблюдались только в 1987 году и только в продукции растениеводства. В Орловской вся производимая продукция уже в 1987 году практически полностью соответствовала нормативам [23].

В Брянской области защитные мероприятия проводились наиболее интенсивно. В результате загрязнение зерна и картофеля к 1990 г. снизилось в 20–30 раз, а сена в 5–6 раз. Но в середине 1990 года объемы защитных мероприятий резко снизились, это замедлило переход к производству нормативно чистой продукции кормопроизводства и животноводства. В 2014 году доля кормов с превышением контрольных уровней колебалась в различных районах от 9 до 39% [24]. Бракераж молока, производимого в личных подсобных хозяйствах юго-западных районов Брянской области, за двадцать лет снизился почти на порядок (рис. 2.7).

В 2019 году практически во всех видах кормов превышение ветеринарных требований фиксировалось только в единичных случаях (рис. 2.6). Для животноводческой продукции бракераж за последние пять лет снизился всего на 2–4% (2–4% для молока и молочной продукции, 3–5% для мяса и мясной продукции).

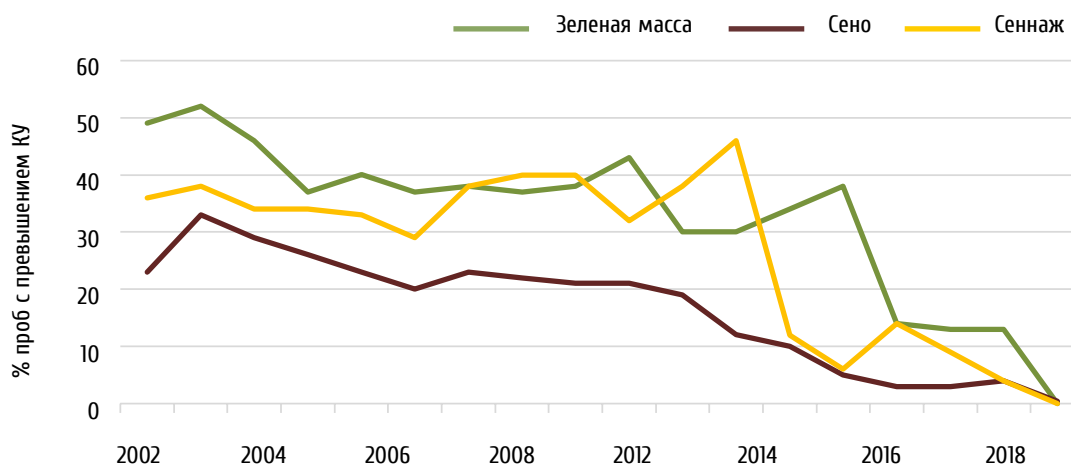


Рисунок 2.6. Доля проб с превышением контрольных уровней в основных видах кормов в юго-западных районах Брянской области, 2002–2019 гг.

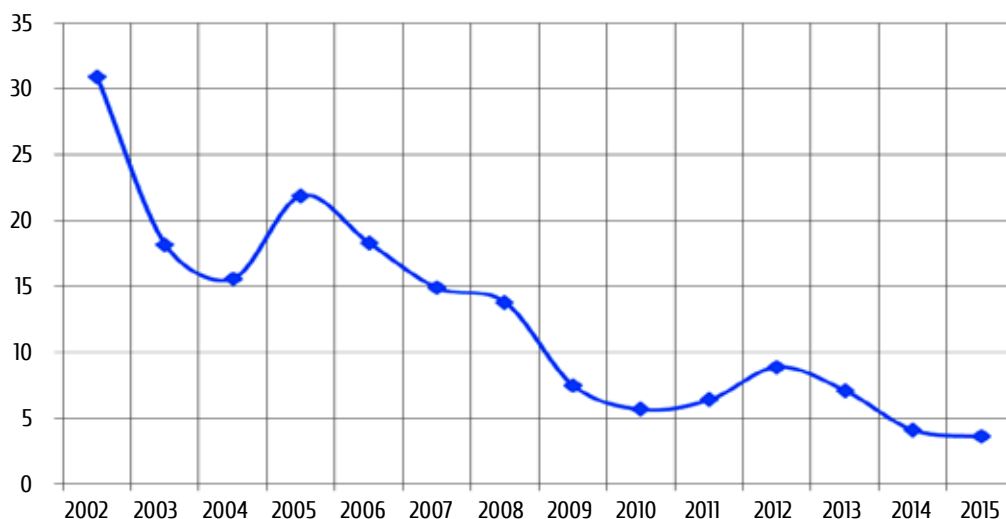


Рисунок 2.7. Динамика изменения числа не отвечающих гигиеническим нормативам (100 Бк/л) проб молока, производимого в ЛПХ юго-западных районов Брянской области

2.6 Последствия для лесного хозяйства

2.6.1 Динамика загрязнения лесных территорий

Площадь загрязненных лесных территорий в СССР в 1986 году оценивалась в более чем 1,5 млн гектаров. Первое детальное поквартальное радиационное обследование земель лесного фонда европейской части России было проведено в 1991–1996 гг. Общая площадь лесов с плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs свыше 1 Ки/км², находящихся в ведении Рослесхоза в 15 российских областях, составляла ~1 млн гектаров. В связи с прошедшей в 2000-х реорганизацией системы государственного управления лесами в ведение Рослесхоза были переданы также лесные территории бывших сельхозформирований. Проведенное после этого повторное радиационное обследование проводилось на площади более 1,2 млн гектаров. По результатам повторных обследований в Белгородской и Курской областях были выявлены лесные участки в зоне 5–15 Ки/км².

По состоянию на 2020 г. площадь российских лесов с плотностью загрязнения почвы выше 1 Ки/км² составляла 662 тыс. гектаров. Загрязненные леса остаются на территориях 11 субъектов РФ (табл. 2.5). В Ленинградской, Смоленской, Тамбовской областях и Республике Мордовия загрязненных участков леса в настоящее время нет.

Таблица 2.5. Распределение площади загрязненных лесов по областям и по зонам загрязнения, 2020 г., тыс. га

Области	Площадь загрязненных лесов	В том числе по зонам загрязнения, Ки/км ²			
		1–5	5–15	15–40	> 40
Белгородская	14,7	14,2	0,5	-	-
Брянская	226,9	127,0	84,2	14,9	0,8
Воронежская	12,3	12,3	-	-	-
Калужская	154,3	139,6	14,2	0,5	-
Курская	9,2	9,1	0,1	-	-
Липецкая	7,7	7,7	-	-	-
Орловская	44,4	44,4	-	-	-
Пензенская	77,4	77,4	-	-	-
Рязанская	18,3	18,3	-	-	-
Тульская	62,8	60,9	1,9	-	-
Ульяновская	33,9	33,9	-	-	-
Итого:	661,9	544,8	100,9	15,4	0,8

Наиболее серьезную проблему загрязнение лесов представляет в Брянской области, где до сих пор сохраняются участки с высокой плотностью загрязнения почвы (табл. 2.5). В отдельных лесных кварталах юго-западной части Брянской области плотность загрязнения почвы ¹³⁷Cs превышает 100 Ки/км². Помимо Брянской области небольшие участки с уровнем загрязнения 15–40 Ки/км² сохраняются в Калужской области. В Тульской, Белгородской и Курской областях встречаются локальные участки с уровнями 5–15 Ки/км².

В остальных областях все лесные участки находятся в зоне с плотностью загрязнения почвы ¹³⁷Cs 1–5 Ки/км². Значения мощности дозы гамма-излучения остаются выше фоновых уровней (0,20–0,30 мкЗв/ч), но уже не представляют опасности для пребывания в лесу.

В последние 5 лет превышения допустимых уровней содержания ¹³⁷Cs в древесине наблюдаются только в Брянской области и составляют менее 6% обследованных лесосек. Сверхнормативное загрязнение недревесных лесных ресурсов (пищевых и лекарственных) до сих пор выявляется в Брянской и Калужской областях. Наиболее остро эта проблема стоит в юго-западных районах Брянской области. Так, в Красногорском районе превышение по ¹³⁷Cs выявляется примерно в 80% проб грибов и может достигать 50-кратных значений и более. В Калужской области в 2019 году превышения наблюдались в ~20% проб грибов, ягод и лекарственных растений.

2.6.2 Научно-практические исследования

В наиболее загрязненных юго-западных районах Брянской области сохраняют свою актуальность вопросы, связанные с получением нормативно-чистой лесной продукции, обеспечением радиационной безопасности в лесах и предотвращением вторичного загрязнения вследствие лесных пожаров и других природных и антропогенных процессов [25, 26].

Ограничения на проведение многих видов лесохозяйственных мероприятий в зонах радиоактивного загрязнения приводят к ухудшению санитарного состояния насажде-

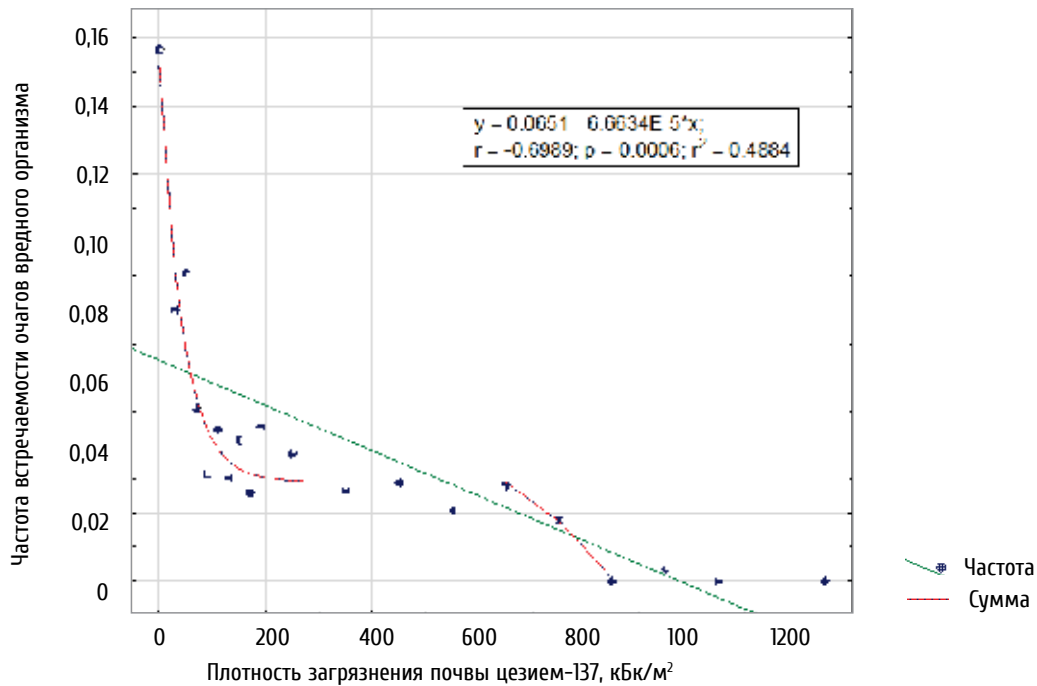


Рисунок 2.8. Зависимость частоты встречаемости очагов смоляного рака сосны (*Peridermium pini* (Willd.) Kleb.) на территории Брянской области от плотности загрязнения почвы

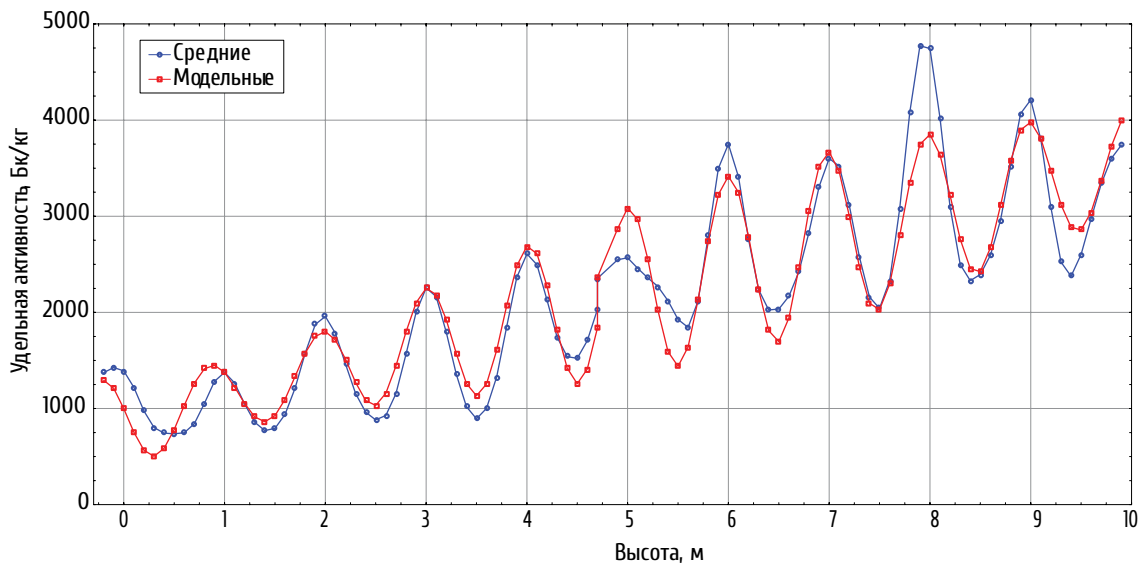


Рисунок 2.9. Удельная активность ^{137}Cs в коре модельного дерева сосны обыкновенной: синяя кривая — усредненные по секторам фактические значения, красная — модель по двум гармоникам

ний, накоплению больших запасов лесных горючих материалов и повышению пожарной опасности. В результате запрета на сжигание порубочных остатков на лесосеках после санитарной рубки остаются вредители леса, которые могут мигрировать на соседние, здоровые участки леса, заражая их. Альтернативные методы утилизации порубочных остатков и непригодной к хозяйственному использованию древесины недостаточно разработаны, а их внедрение требует значительных дополнительных затрат.

Недостаточно изученными остаются проблемы биологической устойчивости отдельных видов, образующих лесные экосистемы, их взаимодействия друг с другом и окружающей средой в условиях хронического облучения. Проводимый в соответствии с Лесным кодексом Российской Федерации государственный лесопатологический мониторинг позволяет накапливать многолетние данные о выявленных очагах вредных организмов.

Анализ большого объема (более 80 000 записей) объединенных данных лесопатологических и радиологических обследований в Брянской области с глубиной наблюдений более 10 лет показал достоверные связи и устойчивые тренды между возникновением очагов ряда хозяйственно-значимых видов насекомых-вредителей и болезней с плотностью загрязнения почвы лесных участков ^{137}Cs .

Например, для рыжего соснового пилильщика (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) характерна устойчивая отрицательная связь с радиоактивным загрязнением; смоляной рак сосны (*Peridermium pini* (Willd.) Kleb.) также показывает устойчивый отрицательный тренд возникновения очагов на градиенте плотности загрязнения почвы ^{137}Cs , хорошо описываемый кривой двухкомпонентной зависимости доза — эффект (рис. 2.7). На графике хорошо видны две ступени, соответствующие плотности загрязнения почвы ^{137}Cs около 100 кБк/м^2 ($2,7 \text{ Ки/км}^2$) и свыше 800 кБк/м^2 ($21,6 \text{ Ки/км}^2$), показывающие значимое влияние радиационного фактора уже вблизи нижней границы официально выделяемой зоны радиоактивного загрязнения — 37 кБк/м^2 (1 Ки/км^2). Обратную картину демонстрирует корневая губка (*Heterobasidion annosum* Fr.) на сосне, имеющая устойчивую положительную связь возникновения очагов с плотностью радиоактивного загрязнения лесных участков.

Влияние радиоактивного загрязнения лесов на формирование очагов вредных организмов может быть связано как с прямым воздействием ионизирующего излучения на организм и популяцию патогена, так и с косвенным через воздействие излучения на другие виды в лесных экосистемах и их связи, а также с изменением режимов хозяйственной деятельности. Полученные результаты необходимо учитывать при осуществлении санитарно-оздоровительных мероприятий в лесах.

Изучение удельной активности ^{137}Cs в древесине и коре некоторых лесообразующих пород (сосна обыкновенная, осина) показывает, что изменение удельной активности ^{137}Cs носит ярко выраженный колебательный характер с возрастающим трендом к вершине дерева (рис. 2.9). Хотя остаются вопросы относительно того, отражают ли выявленные закономерности специфику применяемых методов измерений или общие механизмы транспорта питательных веществ в древесных растениях, полученные результаты имеют большое значение для радиационного контроля древесных лесных ресурсов на соответствие допустимым уровням содержания ^{137}Cs [27].

2.7 Краткое заключение

Одним из наиболее тяжелых последствий аварии стало радиоактивное загрязнение обширных территорий.

За пределами 30-километровой зоны ЧАЭС в основную проблему с точки зрения загрязнения объектов природной среды первые два месяца представлял ^{131}I , а основным путем воздействия на человека на территориях, где начался пастбищный выпас скота, стала молочная цепочка. В дальнейшем основным радионуклидом, определяющим радиационную ситуацию, стал ^{137}Cs (период полураспада 30 лет).

Загрязнение почвы, воды, продукции сельского, лесного и водного хозяйства вызывало серьезную обеспокоенность у специалистов и населения. Первые два года обстановка была крайне напряженной. Требовалось в кратчайшие сроки уточнить радиационную ситуацию на территориях с плотностью загрязнения выше 5 Ки/км^2 , подготовить карты с детализацией сложной конфигурации радиоактивных выпадений, организовать постоянный контроль загрязнения водных объектов, сельскохозяйственных пищевых продуктов и т. д.

В наиболее загрязненных районах часть сельскохозяйственных земель была выведена из оборота либо введены ограничения на отдельные виды сельскохозяйственной дея-

тельности, полностью или частично было ограничено лесопользование. В ряде случаев это были значительные по площади территории.

Эти меры обеспечили эффективное снижение доз внутреннего облучения людей, особенно в 1986—1989 гг., но их пролонгация имела негативные социально-экономические последствия, в первую очередь, для аграрного сектора. Прямые запреты на определенные виды деятельности усугублялись невозможностью употреблять и реализовывать сверхнормативно загрязненные местные продукты питания. Ограничения на проведение многих видов лесохозяйственных мероприятий неблагоприятно сказались на санитарном состоянии этих лесов.

На юго-западе Брянской области в зоне наибольшего загрязнения защитные мероприятия проводились наиболее интенсивно. В 1990-х годах была поставлена задача планомерного снижения уровней загрязнения продукции до достижения уровней внутреннего облучения, соответствующих нормальной жизнедеятельности. Производство сверхнормативно загрязненных сельскохозяйственных продуктов последовательно снижалось до середины 1990-х гг. Затем, когда объемы защитных мероприятий резко снизились, темпы снижения доли загрязненной продукции кормопроизводства и животноводства стали ниже.

Реализация сельскохозяйственных контрмер позволила предотвратить до 30% от общей коллективной дозы облучения населения пострадавших регионов.

За 35 лет в результате радиоактивного распада радиационная обстановка на загрязненных территориях существенно улучшилась. Число населенных пунктов в зонах загрязнения заметно сократилось, в первую очередь, за счет слабозагрязненных территорий 1—5 Ки/км². Площади загрязненных земель сельскохозяйственного назначения по сравнению с 1987 годом сократились в несколько раз, в Брянской области площадь угодий, относящихся к зоне отчуждения, сократилась на порядок. Даже в наиболее загрязненных районах Брянской области случаи сверхнормативного загрязнения сельскохозяйственной продукции фиксируются редко. В этой связи все более актуальными становятся вопросы полного перехода к ведению сельскохозяйственного производства без ограничения по радиационному фактору.

В настоящее время уровни загрязнения воды в реках, протекающих по загрязненным территориям Брянской области, и в колодцах в самых загрязненных населенных пунктах на два-три порядка ниже действующих уровней вмешательства. Исключение составляют несколько непроточных водных объектов. Из-за загрязнения донных отложений в выловленной рыбе продолжают регистрироваться сверхнормативные уровни содержания ¹³⁷Cs.

Из-за относительно медленных скоростей самоочищения компонент лесной биоты в лесах на юго-западе Брянской области эпизодическое превышение нормативов наблюдается в древесине, недревесных лесных ресурсах и мясе диких животных. Вопросы получения нормативно-чистой лесной продукции и предотвращения вторичного загрязнения вследствие лесных пожаров и других природных и антропогенных процессов в наиболее загрязненных районах будут актуальными еще длительное время.

За прошедшие 35 лет изучения радиоэкологических последствий аварии накоплен большой научный и практический опыт, который повлиял как на формирование отечественной радиационной защиты, так и на развитие международных подходов к обеспечению экологической безопасности атомной энергетики будущего.

3

Дозы облучения и медицинские последствия

За прошедшие десятилетия накоплен значительный объем знаний об уровнях облучения и его последствиях для здоровья участников ликвидации последствий аварии, эвакуированных жителей 30-километровой зоны ЧАЭС и населения, проживающего на территориях с остаточным радиационным загрязнением. Основные факты и выводы были представлены в докладе НКДАР 2008 года [28, 29], позже они обсуждались в свете новых данных и были подтверждены в аналитических статьях и монографиях ведущих российских специалистов [30–36], а также отражены в официальных российских национальных докладах 2011 г. и 2016 г. [37, 38].

3.1 Организация работ по минимизации медицинских последствий

3.1.1 Медицинская помощь пострадавшим в первые дни аварии

В первые часы после аварии необходимую медицинскую помощь пострадавшим оказывал дежурный персонал здравпункта ЧАЭС и прибывшие из Припяти бригады скорой помощи МСЧ-126. За трое суток были обследованы более 350 человек.

Пациентов с выраженными формами острой лучевой болезни (ОЛБ) спецрейсами оперативно отправляли в московскую Клиническую больницу № 6 Минздрава СССР (при Институте биофизики, ныне ФБГУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России) и некоторые другие клиники Москвы и Киева. Предварительный диагноз ОЛБ получили 237 человек, в дальнейшем в результате тщательного клинико-лабораторного обследования этот диагноз подтвердился у 134 пациентов; распределение этих пациентов по степени тяжести ОЛБ и дозам облучения показано в табл. 3.1. За первые 100 дней в клинике ИБФ ушли из жизни 27 человек, еще один человек умер в Киеве. Число выздоровевших было почти в 4 раза больше: в ряде случаев осуществление комплекса лечебных мероприятий позволило спасти жизнь пострадавшим, дозы облучения которых на 1–1,5 Гр превышали уровни, ранее считавшиеся смертельными.

Таблица 3.1. Распределение случаев ОЛБ среди пострадавших при Чернобыльской аварии по тяжести, месту и исходу лечения

Степень тяжести ОЛБ	Число больных	Дозовый диапазон, Гр	Место		Исход	
			Москва	Киев	Выздоровление	Смерть
I	41	0,8–2,1	23	18	40	1
II	50	2,2–4,1	44	6	44	6
III	22	4,2–6,4	21	1	15	7
IV	21	6,5–16	20	1	7	14
Всего	134	0,8–16	108	26	106	28

Последующее ежегодное обследование в условиях стационара позволило установить, что в отдаленные сроки основным инвалидизирующим фактором среди лиц, перенесших ОЛБ, были последствия тяжелых лучевых ожогов, требовавшие повторных хирургических вмешательств. При значительном снижении остроты зрения из-за лучевой катаракты проводились операции по замене хрусталика на искусственную оптическую линзу с полным восстановлением зрения. По имеющимся у российских специалистов данным, из 106 пациентов, ранее перенесших ОЛБ, до 2016 года от различных причин умерли 26 человек, средний возраст смерти составил ~58 лет. За прошедшие годы в этой группе выявлена также повышенная заболеваемость злокачественными новообразованиями системы крови (лейкозы, миелодиспластический синдром). Повышенная частота лейкозов в этой группе (5 случаев смерти из 26) стала результатом известного лейкозогенного эффекта высоких доз радиации.

В России тщательное наблюдение за группой лиц, перенесших ОЛБ, планируется проводить пожизненно. Детальные сведения о динамике состояния здоровья пострадавших в острый период ликвидаторов представлены в [34, 35].

3.1.2 Организация медицинской помощи ликвидаторам

В течение первых недель после аварии для оказания медицинской помощи участникам противоаварийных работ были организованы здравпункты в местах их временного проживания и на ЧАЭС. Одновременно решались задачи обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия в местах работы, дезактивации и лабораторного контроля.

После завершения в 1990 году основного объема работ в 30-километровой зоне ЧАЭС и принятия весной 1991 года закона «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» ликвидаторам 1986—1990 годов и их детям, родившимся после аварии, было гарантировано оказание бесплатной медицинской помощи и обязательного специального медицинского наблюдения (диспансеризации) в течение всей жизни.

По решению Правительства медицинскую помощь ликвидаторам стали оказывать лечебно-профилактические учреждения по месту жительства, областные и региональные учреждения, а также клиники 25 ведущих профильных научно-исследовательских институтов систем Минздрава России и Российской академии медицинских наук. В 1991 году в Санкт-Петербурге был образован Всероссийский центр экологической медицины (в настоящее время ФГУЗ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины» МЧС России), который вскоре стал головной организацией по оказанию медицинской помощи российским ликвидаторам.

Для установления причинной связи заболеваний, инвалидности или смерти с работами по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС во всех федеральных округах были созданы межведомственные экспертные советы. Для долгосрочных наблюдений был создан Российский государственный медико-дозиметрический регистр на базе Медицинского радиологического научного центра г. Обнинска.

3.1.3 Создание медико-дозиметрического регистра

В июне 1986 г. в целях решения проблемы минимизации медицинских последствий для облученного населения Минздравом СССР была принята программа по созданию Всесоюзного распределенного регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате катастрофы на ЧАЭС (ВРР), головная организация которого была образована на базе вычислительного центра НИИ медицинской радиологии АМН СССР (г. Обнинск). В создание ВРР были вовлечены все республики Советского Союза, большое число научных и практических учреждений. При создании организационной структуры регистра

был учтен опыт создания зарубежных аналогов: японского, включающего население Японии, пережившее атомные бомбардировки городов Хиросима и Нагасаки, а также радиологических регистров других стран.

До 1991 г. медико-дозиметрическая информация на государственный уровень ВРР поступала из информационно-вычислительных центров (РИВЦ) министерств здравоохранения всех союзных республик; основной объем данных передавался из Белоруссии, России и Украины. После распада Советского Союза ВРР был преобразован в Национальный радиационно-эпидемиологический регистр (НРЭР).

НРЭР представляет собой государственную информационную систему персональных данных лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий, ядерных испытаний и иных радиационных аварий и инцидентов, которая создана в целях обеспечения учета изменений состояния здоровья таких лиц в течение их жизни. В соответствии с российским законодательством в НРЭР регистрируются граждане Российской Федерации, относящиеся к одной из двадцати четырех категорий учета, двенадцать из которых относятся к лицам, подвергшимся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, а также их потомкам.

В настоящее время головной организацией в системе НРЭР является Медицинский радиологический научный центр им. А. Ф. Цыба — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (далее — МРНЦ).

НРЭР является территориально распределенной информационной системой, включающей: единую федеральную базу данных (находящуюся в головной организации в системе НРЭР), региональные сегменты (в субъектах Российской Федерации) и ведомственные подрегистры. Ведение региональных сегментов регистра осуществляют уполномоченные органы исполнительной власти всех субъектов Российской Федерации. Информацию о регистрируемых гражданах представляют в уполномоченный орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации, на территории которого проживают эти граждане, медицинские организации, осуществляющие их медицинское обслуживание. Ведение ведомственных подрегистров НРЭР осуществляют Минобороны России, МВД России, МЧС России, ФМБА России.

На 1 января 2021 г. на федеральном уровне НРЭР зарегистрированы 750 629 человек, относящихся к категориям наблюдения из «чернобыльского контингента» (табл. 3.2.). Около половины зарегистрированных — жители загрязненных районов Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей; еще четверть — ликвидаторы (198 690 человек). Больше всего ликвидаторов зарегистрированы в Центральном, Приволжском и Южном федеральных округах (24, 19 и 16% от общего числа ликвидаторов соответственно).

Персональные данные, внесенные в базы данных НРЭР, включают информацию о результатах медицинского мониторинга изменений состояния здоровья, проводимом в регионах врачами различных специальностей. Данные об индивидуальной дозе облучения ликвидаторов заносятся в регистр в соответствии с официальной справкой, выданной непосредственно перед выездом из 30-километровой зоны. Документально подтвержденные дозы внешнего облучения имеют ~70% ликвидаторов (141 157 человек). Для проведения радиационно-эпидемиологических исследований для лиц, проживающих на загрязненных территориях Брянской, Орловской, Калужской и Тульской областей, в регистр внесены индивидуализированные реконструированные дозы облучения щитовидной железы, годовых доз внешнего и внутреннего облучения.

На федеральном уровне НРЭР специалистами МРНЦ проводятся статистический и радиационно-эпидемиологический анализ информации, накопленной в Единой феде-

ральной базе данных (ЕФБД НРЭР), прогнозирование медицинских радиологических последствий, а также разработка и внедрение в практику ведения НРЭР современных методов формирования персонализированных групп повышенного радиационного риска (ГПР).

Таблица 3.2. Распределение зарегистрированных в НРЭР лиц из «чернобыльского контингента» по основным категориям наблюдения

Категории наблюдения	Число зарегистрированных	% от общего числа зарегистрированных
Ликвидаторы, год въезда в зону:	198 690	26,5
1986	91 870	12,2
1987	64 033	8,5
1988–1990	42 787	5,7
Эвакуированные и выехавшие из зон радиационного воздействия	147 336	19,6
Проживающие (проживавшие) на загрязненных территориях Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей с плотностью загрязнения по ^{137}Cs свыше 185 кБк/м ² (5 Ки/км ²)	374 416	49,9
Дети, рожденные от ликвидаторов	43 884	5,8
Прочие «чернобыльские» категории	49 876	6,6

Дальнейшее развитие системы НРЭР в первую очередь будет направлено на реализацию «Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу», утвержденных Указом Президента Российской Федерации от 13.10.2018 г. № 585. В Указе определено, что одной из важнейших задач государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности является «обеспечение функционирования НРЭР и совершенствование его информационно-аналитических систем для оценки текущих и отдаленных радиологических последствий для граждан, подвергшихся воздействию радиации».

3.2 Установление причинно-следственной связи с облучением

Установление причин заболевания лиц, подвергшихся облучению, является непростой задачей. Облучение в дозах менее 1000 мЗв не приводит к появлению каких-либо новых заболеваний и синдромов, но может способствовать развитию патологий, которые наблюдаются и у необлученных пациентов. Есть разумные основания считать, что облучение больших групп людей в дозах выше 100 мЗв увеличивает частоту онкологических заболеваний и смертность от них, в то же время у каждого конкретного человека из этой группы рак может проявиться или нет. При дозах менее 100 мЗв убедительные доказательства возникновения радиогенных онкологических и неонкологических заболеваний отсутствуют.

Механизмы опухолевой трансформации клеток до сих пор неизвестны, поэтому не существует специфических биомаркеров, позволяющих отличить радиогенные раки от раков, вызванных множеством других факторов (в том числе и фоновым облучением).

С другой стороны, если среди больших групп облученных людей наблюдается повышение частоты онкологических заболеваний по сравнению с частотой таких заболеваний среди не облучавшегося населения (при условии, что облученная и необлученная группы идентичны по возрасту, полу, генетической предрасположенности, образу жизни и другим важным факторам), и наблюдаемое увеличение не противоречит имеющейся базе знаний, становится возможным отнести это увеличение заболеваемости на счет радиационного облучения. Наиболее убедительным доказательством в пользу этого является наличие зависимости частоты случаев заболевания от величины дозы. Однако, в зависимости от численности облученной группы, существует величина дозы, ниже которой эпидемиологические исследования принципиально не могут иметь достаточной статистической значимости, чтобы выявить незначительное число дополнительных онкологических заболеваний и установить их связь с облучением.

В соответствии с имеющейся базой знаний, в радиационно-эпидемиологических исследованиях необходимо учитывать вид опухоли, время ее появления, возраст пациента в момент облучения и полученную им дозу. Нужно принимать во внимание факторы, не связанные с дозой облучения, например, сформировавшиеся после аварии негативные ожидания в отношении своего здоровья, тревогу за свое будущее, изменения в диете, курении, потреблении алкоголя и др. При установлении зависимости частоты онкологической заболеваемости от дозы облучения важно также учитывать повышенное внимание медиков и облученных лиц к своему здоровью, а также довольно существенную неопределенность в оценках индивидуальных доз [28].

3.3 Ликвидаторы

3.3.1 Дозы облучения

Первые ориентировочные оценки доз облучения аварийного персонала ЧАЭС и пожарных были выполнены в первые сутки после аварии специалистами Института биофизики Минздрава СССР (в настоящее время ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России). В дальнейшем дозы оценивались по мощности экспозиционной дозы и времени пребывания в полях излучения, как правило, не индивидуально, а для группы людей. Принятые по ним решения помогли предотвратить переоблучение персонала ЧАЭС и аварийных служб после 27 апреля [34, 4].

Действовавшие на момент аварии нормы радиационной безопасности (НРБ-76) допускали планируемое повышенное облучение персонала при ликвидации последствий аварии в дозах до 100 мЗв однократно, но не более 5 раз за все время работы. После аварии на ЧАЭС Правительственная комиссия увеличила допустимую дозу до 250 мЗв.

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 дезактивационные работы, строительство объекта «Укрытие» и другие работы с современных воззрений следовало проводить с соблюдением дозового предела. Но в этом случае к работам в 30-километровой зоне нужно было бы привлечь еще несколько сотен тысяч людей, не обладающих опытом работы в радиационно опасных условиях. Очевидно, такая мера привела бы к еще более тяжелым социальным последствиям.

В 1987 г. пределы годовой дозы были снижены до 50 / 100 мЗв в зависимости от вида работ, но для ограниченного числа ликвидаторов, осуществлявших исключительно важные виды работ, Министерство здравоохранения СССР могло разрешать облучение до 250 мЗв. С 1989 года предел дозы для всех без исключения работников снижен до 50 мЗв/год [33].

В общей сложности в 1986—1987 годах к ликвидации последствий аварии были привлечены более 300 тысяч человек (табл. 3.3). В первые недели полноценный индивидуальный дозиметрический контроль (ИДК) участников работ в зоне ЧАЭС отсутствовал, решение о его организации было принято Правительственной комиссией через месяц после аварии. Дозы облучения ликвидаторов стали систематически оцениваться лишь после 1 июля 1986 г. К концу 1986 года на ИДК состояли работники более 600 организаций 49 министерств и ведомств СССР, наибольшее число приходилось на подразделения Минэнерго СССР. В апреле 1988 года на базе Управления дозиметрического контроля НПО «Припять» была сформирована автоматизированная информационно-справочная система ИДК, которая содержала информацию на 103 800 участников ликвидации последствий катастрофы.

Таблица 3.3. Контингенты участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС

Контингент	Профессиональный состав	Численность, чел.
Персонал ЧАЭС и пожарные	Персонал ЧАЭС и персонал некоторых других организаций (пожарные, строители 5-го и 6-го энергоблоков, персонал МСЧ-126), находившиеся с момента аварии на станции или приехавшие на ЧАЭС до 30 апреля 1986 г.	~2000
Ранние ликвидаторы	Гражданские ликвидаторы, работавшие в 30-км зоне и на площадке ЧАЭС с 27 апреля по 31 мая 1986 г.	~21600
Персонал ЧАЭС	Персонал ЧАЭС, работавший с 1 мая 1986 г. на консервации, подготовке к пуску и эксплуатации 1, 2 и 3 блоков ЧАЭС	2358 (1986) 4498 (1987)
Командированные на ЧАЭС	Персонал других АЭС и предприятий, откомандированный на ЧАЭС	~2000 (1986) 3458 (1987)
Военные ликвидаторы	Кадровые военные, солдаты срочной службы и призванные из запаса гражданские лица, осуществлявшие работы по радиационной разведке, дезактивации, включая 4-й энергоблок и крыши, и другие работы в 30-км зоне	61 762 (1986) 63 751 (1987)
Командированные в 30-км зону	Гражданские ликвидаторы, выполнявшие работы в 30-км зоне за пределами площадки ЧАЭС и приступившие к работе не ранее 1 июня 1986 г.; строители Минэнерго (включая УС ЧАЭС), работавшие в 30-км зоне ЧАЭС	31 021 (1986) 31 885 (1987)
Персонал ПО «Комбинат»	Персонал ПО «Комбинат», проводивший на постоянной основе различные работы в 30-км зоне и координировавший деятельность «командированных» начиная с 1987 г.	6281 (1987)
Персонал УС-605	Строители объекта «Укрытие»	21 500 (1986) 5376 (1987)
Персонал Комплексной экспедиции	Персонал Института атомной энергии им. И. В. Курчатова, изучавший состояние топливных масс внутри 4-го энергоблока. Персонал других организаций, работавший внутри объекта «Укрытие»	3521 (1988)
Персонал объекта «Укрытие»	Персонал предприятия, наблюдавший за состоянием объекта «Укрытие»	несколько сотен человек (1990)
Белорусские ликвидаторы	Гражданские ликвидаторы, работавшие в белорусской части 30-километровой зоны	~24 000 (1986) ~28 000 (1987)

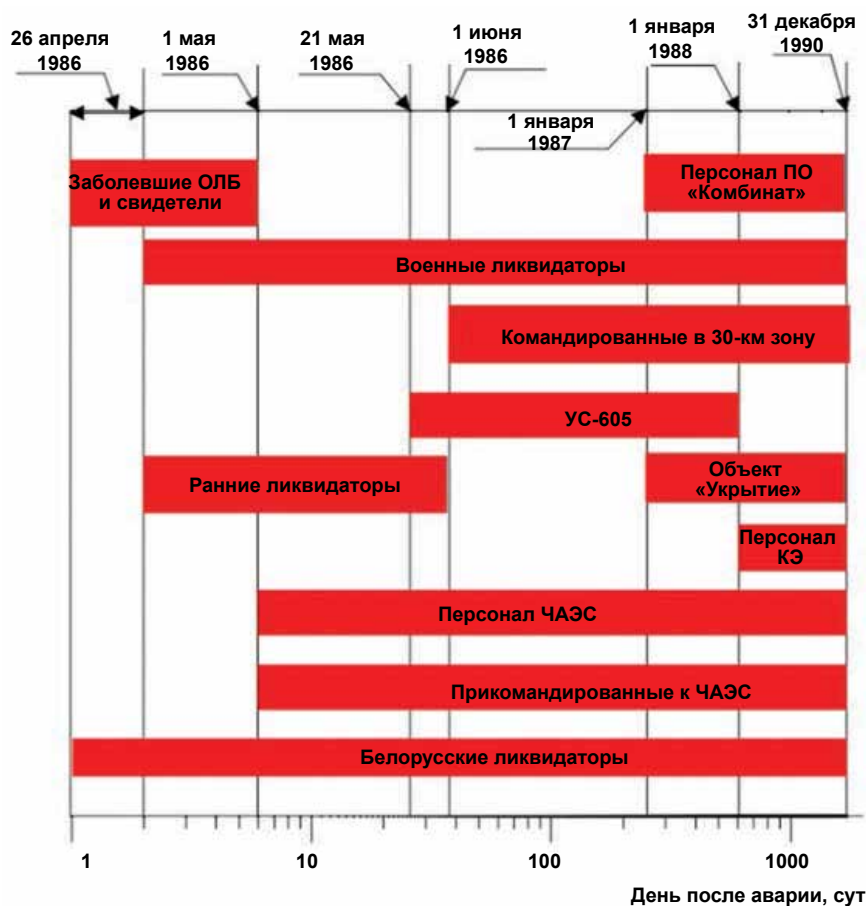


Рисунок 3.1.
Сроки работы разных контингентов ликвидаторов, по данным [6]

В связи с приблизительным характером данных ИДК в начальный период уточнение дозовых нагрузок ликвидаторов проводилось с помощью методов ретроспективной дозиметрии. С 1986 года этой работой занимались сотрудники Института биофизики Минздрава СССР и специалисты ЧАЭС. Позже к кропотливой и трудоемкой работе по реконструкции индивидуальных доз подключились эксперты Росатома, Международного агентства по исследованию рака Всемирной организации здравоохранения, Национального института рака США и НРЭР. Основные результаты были опубликованы в 1996 году. Последующие 10 лет проводилось уточнение истинной картины облучения на основе аналитических и экспертных методов и сравнение расчетных оценок с данными проводившейся позже биодозиметрии [30]. Результаты сопоставления «официальных» доз с дозами, оцененными по методу биодозиметрии, представлены в табл. 3.4.

Таблица 3.4. Сравнение «официальных»* и реконструированных доз по отдельным контингентам ликвидаторов 1986 года, по данным [30]

Облученный контингент	«Официальная» доза, мГр		Реконструированные дозы, мГр		
	Средняя	Медиана	Средняя	Медиана	Объем выборки, чел.
Ранние ликвидаторы	115	56	97	9	66
Военные участники ЛПА	204	220	91	57	109
Командированные в 30-км зону	20	6	32	3	138

Примечание: * по результатам индивидуального дозиметрического контроля

В частности, было показано, что в группе ликвидаторов 1986 года:

- средние значения «официальных» и реконструированных дозовых распределений довольно близки для контингента *ранние ликвидаторы* и отличаются в разные стороны в полтора — два с лишним раза для *военных участников ЛПА и командированных в 30-километровую зону*, при этом медианы для реконструированных распределений ниже медианы для «официальных» доз;
- неопределенность в оценках индивидуальных доз составила от нескольких десятков до нескольких сотен процентов, оценки для военнослужащих имеют систематическое завышение;
- уровни радиационного воздействия на ликвидаторов (за исключением тех, кто находился вблизи разрушенного энергоблока в самые первые часы после взрыва), в основном относятся к области малых доз (менее 100 мГр).

Статистический анализ информации НРЭР по «официальным» дозам ликвидаторов 1986—1990 гг. въезда в 30-километровую зону показал, что

- дозы изменялись в широком диапазоне до 1000 мГр и более;
- примерно у ~82% ликвидаторов дозы находились в диапазоне 10—250 мГр, дозы выше аварийного норматива (250 мГр) получили менее 2,5% ликвидаторов;
- средняя поглощенная доза для всей когорты составила ~106 мГр; у ликвидаторов 1986 года средняя доза внешнего облучения была самой высокой (~150 мГр), в 1987 году средняя доза заметно снизилась (~90 мГр), в 1988—1990 гг. стала еще вдвое меньше (~37 мГр).

3.3.2 Отдаленные последствия облучения

3.3.2.1 Оценка стохастических последствий по данным НРЭР

К наиболее обсуждаемым радиационно-эпидемиологическим проблемам оценки воздействия чернобыльской катастрофы на состояние здоровья ликвидаторов и населения относятся определение степени влияния радиационного фактора на заболеваемость (смертность) при таких патологиях как рак щитовидной железы, лейкемия, солидные злокачественные новообразования различных локализаций, болезни системы кровообращения.

Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации (НКДАР ООН) и Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) считают, что основным стохастическим эффектом действия ионизирующей радиации на здоровье человека при малых дозах облучения (менее 2 Зв) может быть повышение частоты заболеваемости злокачественными новообразованиями (ЗНО).

Однако в настоящее время не существует специфических тестов, позволяющих с уверенностью отличить случай заболевания ЗНО, обусловленный действием ионизирующей радиации в результате катастрофы, от случаев ЗНО, вызванных множеством других факторов (в том числе и фоновым облучением). Поэтому под радиационным риском понимается наблюдаемое в группе лиц превышение показателя заболеваемости (или вероятности обнаружения случая заболевания), обусловленное действием ионизирующей радиации, над его фоновым значением для той же группы, но в отсутствии дополнительного к фону облучения. При консервативном подходе, принятом НКДАР ООН и МКРЗ для целей радиационной защиты, радиационный риск при малых дозах описывается линейной беспороговой моделью.

Помимо классических стохастических эффектов действия радиации в виде увеличения частоты ЗНО, в различных облученных когортах в последние годы активно исследуются радиационные риски нераковых заболеваний, таких как болезни системы кровообращения (БСК). Для некоторых из них радиационные эффекты наблюдались в течение длительного времени после облучения (десятки лет).

Вопрос о пороговом или беспороговом характере действия радиации в случае нераковых эффектов остается открытым, но МКРЗ считает радиационные риски нераковых заболеваний не доказанными в области малых доз (см. Публикацию 118 МКРЗ). В связи с этим следует заметить, что к диапазону малых доз относятся почти все участники ликвидации последствий катастрофы на ЧАЭС.

Наибольшими дозами среди всех категорий облученных лиц, зарегистрированных в НРЭР, характеризуется когорта участников ликвидации последствий катастрофы (ликвидаторов). Средняя доза внешнего гамма-облучения всего тела в этой когорте составляла около 0,1 Зв, что приблизительно в 30 раз выше средней годовой дозы за счет естественного радиационного фона для населения России или равно средней накопленной дозе за счет естественного радиационного фона за 30 лет (1986—2016 гг.). Максимальные дозы у некоторых ликвидаторов достигали 1,5 Зв.

Многokратное превышение доз облучения ликвидаторов над дозами за счет естественного радиационного фона не означает, что показатели заболеваемости ЗНО в когорте ликвидаторов будут многократно превышать соответствующие фоновые показатели заболеваемости ЗНО для населения, не облучавшегося в результате чернойбыльской катастрофы. При эффективной дозе облучения 0,1 Зв типичные расчетные значения избыточных радиационных рисков находятся в диапазоне 0,1—100% от фоновых показателей заболеваемости, в зависимости от локализации ЗНО.

Лейкозы. Среди радиогенных ЗНО лейкозы, за исключением хронического лимфоцитарного лейкоза (ХЛЛ), имеют максимальный радиационный риск и минимальный латентный период развития — около двух лет. По данным НКДАР ООН и МКРЗ, доза облучения 0,1 Гр может увеличить заболеваемость лейкозами на 30—70%. Однако этот сравнительно высокий избыточный радиационный риск убывает со временем, прошедшим после облучения.

Наблюдения в системе НРЭР показали, что показатель заболеваемости лейкозами в когорте ликвидаторов превышал соответствующий показатель российского мужского населения только первые 11 лет после чернойбыльской аварии. За 1986—1997 гг. превышение показателя составило 89%: стандартизованное отношение заболеваемости $SIR = 1,89$ при 95% доверительном интервале (ДИ) оценки от 1,42 до 2,45. В те же годы среди ликвидаторов наблюдался радиационный риск лейкозов: для линейной по дозе модели риска, коэффициент избыточного относительного риска (ERR/Гр) составил 4,41 при 90% ДИ (0,24; 14,23). С учетом средней дозы облучения ликвидаторов 0,106 Гр это означает, что до 1998 г. превышение заболеваемости лейкозами ликвидаторов над российским средним уровнем на 47% было обусловлено облучением и на 42% — лучшей выявляемостью лейкозов в когорте ликвидаторов по сравнению с российским мужским населением.

На рисунке 3.2 показаны оценки относительных радиационных рисков (RR) заболеваемости ликвидаторов всеми лейкозами (за исключением ХЛЛ) в дозовых группах, а также оценки RR в рамках линейной модели риска, в которой $RR = 1 + [ERR/Гр] \times [Доза, Гр]$.

Рисунок 3.2 показывает, что радиационный риск лейкозов у ликвидаторов наблюдался при дозах облучения свыше 0,150 Гр. При дозах облучения менее 0,150 Гр оценки радиационных рисков лейкозов в рамках линейной модели являются завышенными (консервативными). При консервативной оценке рисков из 78 случаев лей-

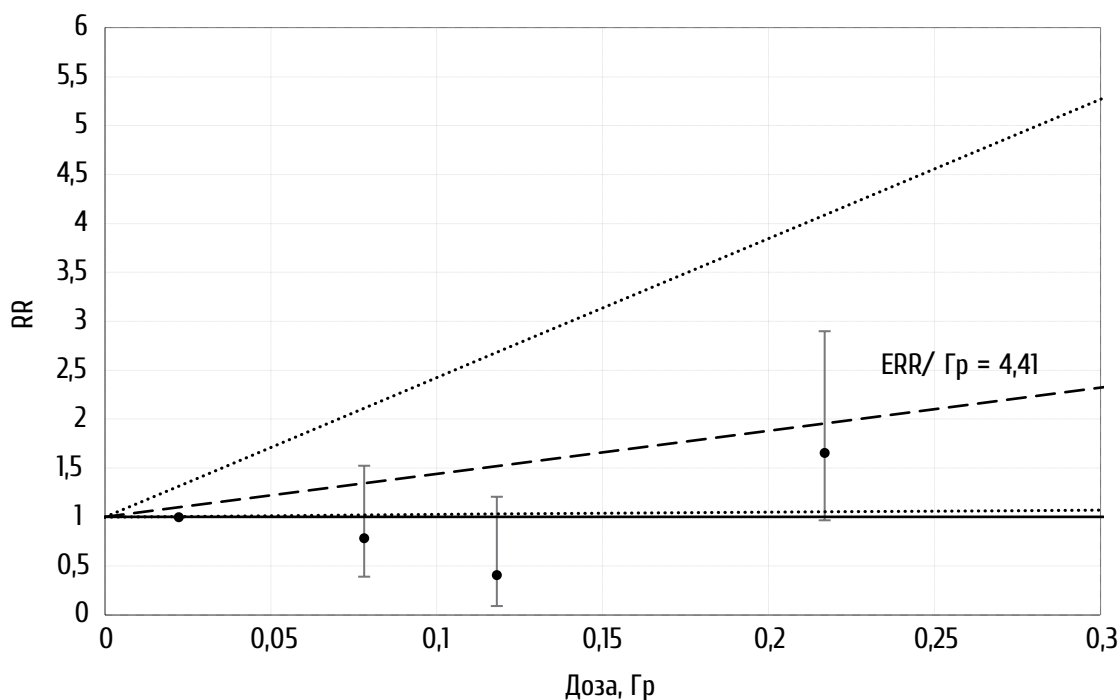


Рисунок 3.2. Относительный радиационный риск (RR) заболеваемости ликвидаторов лейкозами (за исключением ХЛЛ) для периода наблюдения 1986–1997 гг. Точки и вертикальные отрезки соответствуют оценкам RR и их 95% ДИ в дозовых интервалах (0,05–0,1 Гр), (0,1–0,15 Гр) и выше 0,15 Гр; штриховой и пунктирными линиями обозначены значения RR и их 95% ДИ в рамках линейной модели риска

козов (исключая ХЛЛ), выявленных до 1998 г. среди ликвидаторов, 23 (32%) относились к радиационно обусловленным. После 1997 г. показатель заболеваемости лейкозами ликвидаторов стал на 23% ниже российского, SIR = 0,77 при 95% ДИ (0,64; 0,93), а радиационный риск уменьшился до статистически не значимого уровня, близкого к нулю.

Исходя из оценок радиационного риска лейкозов, выполненных по данным НРЭР, радиационно обусловленных случаев лейкозов в когорте ликвидаторов в будущем не ожидается.

Солидные раки. В среднем за весь период наблюдения, до 2020 г., заболеваемость солидными ЗНО в когорте ликвидаторов на 11% превышала заболеваемость солидными ЗНО российского мужского населения: SIR = 1,11 при 95% ДИ (1,09; 1,13), а смертность ликвидаторов от солидных ЗНО не отличалась от соответствующего российского показателя: SMR = 1,01 при 95% ДИ (0,98; 1,04).

Радиационные риски заболеваемости солидными ЗНО и смертности от солидных ЗНО со временем увеличивались. За весь период наблюдения коэффициент избыточного относительного риска заболеваемости ERR/Гр = 0,62 при 95% ДИ (0,29; 0,98), а коэффициент избыточного относительного риска смертности ERR/Гр = 0,74 при 95% ДИ (0,32; 1,22). Эти величины хорошо согласуются с данными МКРЗ о величине радиационных рисков японского населения, подвергнувшегося атомным бомбардировкам в 1945 г.

На рисунке 3.3 показаны оценки относительных радиационных рисков (RR) заболеваемости ликвидаторов солидными ЗНО в дозовых группах, а так же оценки RR в рамках линейной модели риска, в которой $RR = 1 + [ERR/Гр] \times [Доза, Гр]$. Точки и вертикальные отрезки на рисунке 3.3 соответствуют оценкам RR и их 95% ДИ в дозовых интервалах (0,05 – 0,1 Гр), (0,1 – 0,15 Гр) и свыше 0,15 Гр. Значения RR в более узких дозовых интервалах представлены небольшими окружностями. Штриховой и пунктирными линиями обозначены значения RR и их 95% ДИ в рамках линейной модели риска.

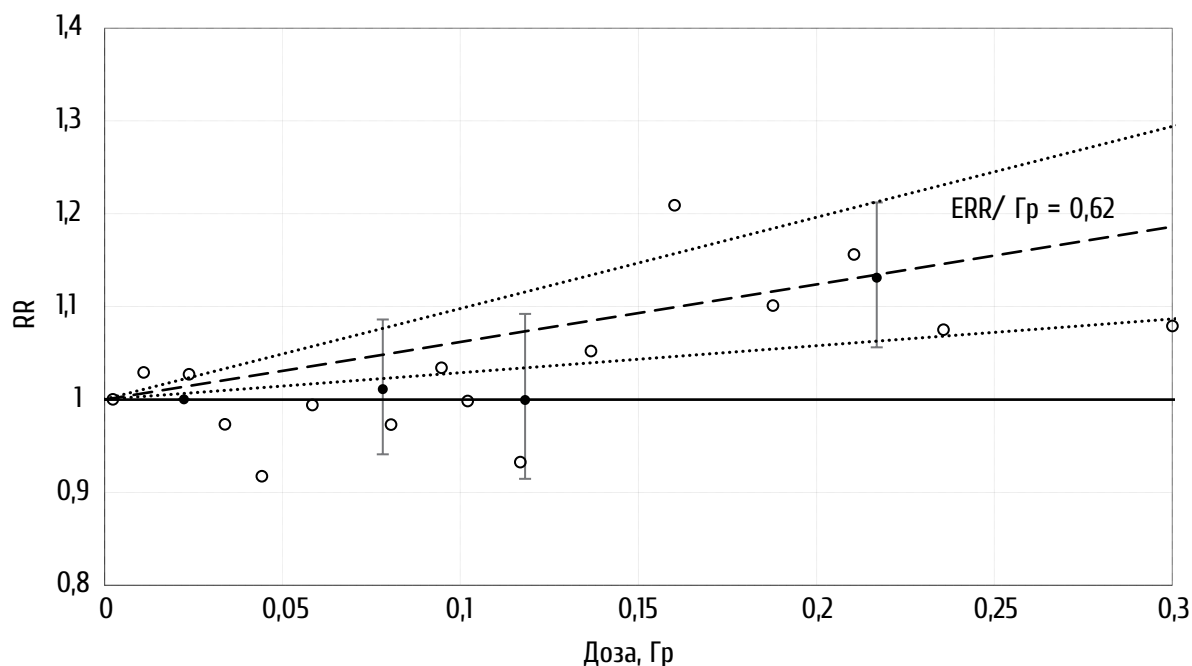


Рисунок 3.3. Относительный радиационный риск (RR) заболеваемости ликвидаторов солидными ЗНО

Рисунок 3.3 показывает, что радиационный риск заболеваемости солидными ЗНО у ликвидаторов наблюдался при дозах облучения свыше 0,150 Гр. При дозах облучения менее 0,150 Гр оценки радиационных рисков солидных ЗНО в рамках линейной модели являются завышенными (консервативными). То же самое относится и к радиационным рискам смертности от солидных ЗНО.

При консервативной оценке рисков средней дозе облучения ликвидаторов 0,106 Гр соответствуют избыточный относительный риск заболеваемости солидными ЗНО $ERR = [0,62/Гр] \times [0,106 Гр] = 0,066$ и избыточный относительный риск смертности от солидных ЗНО $ERR = 0,078$. Из 13 654 случаев солидных ЗНО, зарегистрированных до 2020 г. среди ликвидаторов, 845 случаев (6,2%) можно отнести к радиационно обусловленным. Соответственно, из 7916 случаев смерти от солидных ЗНО 572 случая (7,2%) были радиационно обусловленными.

В настоящее время считается, что радиационный риск солидных ЗНО после облучения остается значимым пожизненно. Поэтому радиационно обусловленные случаи солидных ЗНО будут и в дальнейшем вносить некоторый вклад в наблюдаемую заболеваемость ликвидаторов. В когорте ликвидаторов, состоящих на учете в 2020 г., численностью 63 939 человек со средним достигнутым возрастом 66 лет, пожизненно ожидается еще 1152 случая радиационно обусловленных солидных ЗНО, то есть, на 36% больше, чем за предыдущий период времени 1986—2019 гг.

Рак щитовидной железы. По отношению к заболеваемости раком щитовидной железы в когорте ликвидаторов наблюдался ярко выраженный скрининговый эффект с коэффициентом скрининга 3,47, но статистически значимого радиационного риска за счет внешнего гамма-облучения обнаружено не было.

Болезни системы кровообращения. Радиационный риск смертности от болезней системы кровообращения (БСК) наблюдался в когорте ликвидаторов 1986—1987 гг. общей численностью 85 864 человека, со средней дозой внешнего гамма-облучения всего тела 0,132 Гр. Коэффициент избыточного относительного риска $ERR/Гр = 0,42$. Из 13 791 случаев смерти от БСК, зарегистрированных до 2020 г. в этой группе ликвида-

торов, 724 случая (5,25%) можно считать радиационно обусловленными. Больше половины радиационно обусловленных случаев смерти от БСК (378 случаев) наблюдались среди ликвидаторов из группы повышенного риска, которую составляют 10 699 ликвидаторов 1986 г. въезда в зону, накопившие дозу облучения более 0,15 Гр менее чем за 6 недель.

В когорте ликвидаторов, состоящих на учете в 2020 г., численностью 63 939 человек со средним достигнутым возрастом 66 лет, пожизненно ожидается еще 398 радиационно обусловленных случаев смерти от БСК, то есть, 55% от числа радиационно обусловленных случаев за весь предыдущий период до 2020 г.

3.3.2.2 Оценка стохастических последствий по другим данным

Ведомственный подрегистр, который ведут специалисты *ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России*, включает медико-дозиметрическую информацию по ликвидаторам — работникам предприятий и организаций атомной промышленности (более 20 000 человек). В ходе эпидемиологических исследований по методу «случай — контроль» специалисты ФМБЦ установили, что у ликвидаторов с более высокими дозами шансы заболеть лейкозом несколько выше, чем в контроле, однако статистическая мощность этих исследований была недостаточной для окончательного вывода. Значимость учета нерадиационных факторов при интерпретации тех или иных отклонений медико-статистических показателей здоровья ликвидаторов показана на примере сравнения заболеваемости и смертности работников атомной промышленности и ликвидаторов — жителей Московской области. К числу возможных причин выявленных различий могут относиться разное распределение ликвидаторов по датам въезда в 30-километровую зону ЧАЭС, различие ведомственных подходов к организации ИДК и последующему диспансерному наблюдению⁶ [39—41].

Северо-Западный филиал НРЭР является структурным подразделением *ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никиторова МЧС России*. Специалисты ВЦЭРМ указывают на следующие методологические ограничения проводимых ими радиационно-эпидемиологических исследований [42]:

- половая структура когорты ликвидаторов принципиально отличается от структуры всего населения (98% ликвидаторов — это мужчины);
- к аварийно-восстановительным работам в зоне ЧАЭС преимущественно привлекались военнообязанные и специалисты атомной промышленности, изначально относившиеся к более здоровой части населения;
- во время работы в 30-километровой зоне ЧАЭС в когорте ликвидаторов преобладали молодые люди. С годами происходит старение основной группы ликвидаторов при относительной стабильности этого показателя у населения в целом;
- в регистре ликвидаторов ведется персонифицированный учет случаев заболеваний, выхода на инвалидность и смерти. Формы официальной статистической отчетности Минздрава России по заболеваемости населения не содержат деления по полу и возрасту, а включают целиком все взрослое население старше 18 лет; исключение составляют лишь сведения о причинах временной нетрудоспособности, но эта информация лишь частично отражает истинное положение дел;
- существующая система специальной диспансеризации ликвидаторов с закреплением их за определенным медицинским учреждением (доверенным врачом) и с обязательным ежегодным (или раз в два года) обследованием не может сравниться с эффективностью выявления патологии по обращаемости за медицинской помощью,

⁶ Медицинским обслуживанием персонала атомной отрасли занимаются учреждения здравоохранения ФМБА.

в том числе и в негосударственные медицинские учреждения (количество выявленных заболеваний при диспансеризации населения в ~3 раза больше, чем при обращении за медицинской помощью);

- верификация выявленной у ликвидаторов патологии значительно лучше, чем для населения в целом (на одно обращение ликвидаторов в поликлинику в среднем приходится одна госпитализация или проведенное санаторно-курортное лечение, что существенно отличает их от остальных групп населения);
- в отличие от населения у ликвидаторов имеется психологическая установка на выявление у них заболевания из наличия перечня заболеваний, гарантирующих предоставление льгот;
- неопределенность официальных дозиметрических данных, которая при разных методах измерения может варьировать в диапазоне от 50 до 500%;
- при эпидемиологических исследованиях, как правило, не учитываются дозы, полученные ликвидаторами при рентгенологических исследованиях. В условиях диспансеризации выявляемость патологии у них, в том числе с помощью современных методов лучевой диагностики выше, чем у населения, и различается среди самих ЛПА, что может существенно исказить результаты исследований по дозовой зависимости патологии у ЛПА на ЧАЭС.

По результатам анализа многолетней динамики показателей заболеваемости, потери трудоспособности и смертности среди ликвидаторов Северо-Западного региона специалисты ВЦЭРМ пришли к следующим выводам [42]:

- среди ликвидаторов, особенно у работавших на ЧАЭС в 1986 г., отмечается повышенный уровень заболеваемости и инвалидности в связи с различной соматической патологией;
- за 30-летний период не установлено зависимости уровня смертности от полученной дозы облучения;
- сохраняется более низкий уровень среднегодовой смертности ликвидаторов в Санкт-Петербурге и других промышленно-развитых регионах по сравнению с другими территориями России;
- результаты анализа заболеваемости и распространенности заболеваний свидетельствуют о преобладающем влиянии на эти показатели местных причинных факторов нерадиационного генеза.

По мнению медицинских экспертов ВЦЭРМ, выявленные у ликвидаторов нарушения здоровья стали результатом воздействия комплекса факторов аварии, среди которых радиационный фактор не является ведущим. Одним из основных механизмов развития соматической патологии у ЛПА специалисты ВЦЭРМ считают синдром хронического адаптивного перенапряжения, который можно отнести к неспецифическому воздействию техногенной радиационной аварии [42].

В связи с высокой научной значимостью медицинских последствий чернобыльской аварии *Научный комитет по действию атомной радиации (НКДАР) ООН, Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ)* и другие авторитетные международные организации предприняли беспрецедентные по масштабам усилия по тщательному изучению всех случаев, связанных с воздействием радиации. Основные результаты проведенных исследований были представлены на международной конференции «Десять лет после Чернобыля — Оценка последствий аварии» в Вене в апреле 1996 года [43]. В 2003 году восемь организаций ООН и три пострадавшие республики организовали Чернобыльский форум для выработки «согласованных авторитетных заключений» о последствиях аварии для экологии и здоровья людей и подготовки рекомендаций в области здраво-

охранения. По итогам этой работы были выпущены подробные отчеты [10, 44]. Обобщающий документ с научной оценкой выявленных последствий для здоровья людей, которые можно объяснить воздействием радиационного облучения, НКДАР ООН опубликовал в 2008 году [28].

Обобщив данные наблюдений за здоровьем ликвидаторов, зарегистрированных в Беларуси, России, Украине, Эстонии, Латвии и Литве (~530 тыс. человек), НКДАР зафиксировал научный консенсус в отношении связи с облучением повышенной заболеваемости лейкемией и катарактой⁷ у участников аварии, перенесших ОЛБ. Нет сомнений также в том, что:

- в когорте российских ликвидаторов в течение всего времени наблюдения уровни смертности от всех причин смерти и от новообразований не превышали показателей смертности среди соответствующих по возрасту групп населения России;
- повышенные уровни заболеваемости раком щитовидной железы у ликвидаторов демонстрируют эффект скрининга и не связаны с дозами внешнего гамма-облучения.

В то же время нет однозначного мнения насчет отнесения к влиянию радиации:

- наблюдавшихся в когорте ликвидаторов с 1990 по 1999 год повышенных уровней заболеваемости лейкозами;
- повышенной частоты онкологической заболеваемости всеми видами солидного рака среди ликвидаторов с дозами выше 150 мГр;
- более высоких показателей смертности от болезней системы кровообращения для ликвидаторов с дозой более 150 мЗв, находившихся в зоне аварии менее шести недель.

Неоднозначность выводов о дополнительном выходе солидных раков в когорте ликвидаторов иллюстрируют результаты анализа рисков по данным национального и отраслевого регистров. По данным НРЭР (~141,2 тыс. человек с дозами) относительный риск заболеваемости солидными раками растет с увеличением дозы облучения и статистически значим для доз облучения выше 0,150 Гр (рис. 3.2). По данным отраслевого регистра, частота заболеваемости ЗНО для ликвидаторов — работников предприятий атомной промышленности практически не отличалась от спонтанных уровней и не зависела от дозы облучения (табл. 3.5).

Таблица 3.5. Относительный риск злокачественных новообразований (ЗНО) для мужчин ликвидаторов-работников атомной отрасли, по данным [39]

Дозовый интервал, мЗв	Средняя доза, мЗв	Число ликвидаторов — мужчин	Средний возраст на начало работы в зоне ЧАЭС	Число больных ЗНО	Относительный риск
0,1–4,9	2,2	2929	36,4	170	1,0
5,0–12,9	8,0	2270	35,7	142	1,0
13,0–35,1	21,7	2497	35,9	172	1,1
36,0–98,8	62,3	2509	35,6	160	1,0
99,0–1478	180,4	2493	35,5	165	1,0

В то же время напрямую сравнивать результаты двух регистров некорректно, поскольку в национальном регистре выше статистическая мощность результатов, а в ведом-

⁷ Споры о величине пороговой дозы для этого заболевания продолжаются.

ственном подрегистре выше качество дозиметрических данных и диспансерного наблюдения, у двух исследуемых выборок разные возрастно-половые распределения, а также другие характеристики.

По заболеваемости солидными раками и другим вопросам, не имеющим однозначного ответа, специалисты считают нужным продолжать работу в надежде, что в будущем это, возможно, позволит повысить точность методов прогнозирования и заполнить пробелы в современной базе научных знаний относительно биологического действия малых доз облучения. Что касается практики оказания адресной медицинской помощи и социальной поддержки ликвидаторам, то эти вопросы решаются на базе имеющихся сегодня знаний и сложившейся многолетней практики.

3.3.2.3 Деятельность экспертных советов по установлению причинной связи заболеваний с воздействием радиации

По закону 1991 года о социальной защите граждан наиболее существенные меры социальной поддержки предусмотрены для лиц, перенесших лучевую болезнь, и инвалидов вследствие аварии на ЧАЭС. Установление причинной связи инвалидности с последствиями аварии на Чернобыльской АЭС осуществляют межведомственные экспертные советы (МЭС) и военно-врачебные комиссии, а также другие органы, определяемые Правительством Российской Федерации.

Деятельность МЭС по объективному установлению причинной связи затрудняют высокая мотивированность лиц, претендующих на установление подобной связи, а также обсуждавшиеся выше научные ограничения, из-за которых фактически невозможно опровергнуть возможную связь между радиационным воздействием на человека и реально обнаруженным у него заболеванием по широкому классу болезней.

В первые годы после аварии из-за отсутствия опыта МЭС связывали с последствиями облучения практически все заболевания у ликвидаторов 1986—1987 гг. Позже для значительного числа ликвидаторов было проведено переосвидетельствование, и по всем классам заболеваний (за исключением новообразований) число положительных решений существенно уменьшилось. В 2011—2019 гг. из 27762 рассмотренных МЭС обращений связь с радиационным воздействием была установлена в половине случаев.

3.4 Население

3.4.1 Дозы облучения

После взрыва на четвертом энергоблоке выброс радиоактивности из аварийного реактора представлял опасность не только для сотрудников ЧАЭС и пожарных, но и для жителей ближайших населенных пунктов. К исходу первых суток радиационная обстановка в городе Припять, расположенном в 3 км от АЭС, значительно ухудшилась, и прогнозируемые за 7 суток дозы облучения достигли уровней, требующих принятия решения об эвакуации населения. Решение было принято, и около 50 тыс. жителей Припяти были эвакуированы 27 апреля 1986 г. одновременно с проведением йодной профилактики.

До 6 мая из 30-километровой зоны ЧАЭС были эвакуированы еще ~50 тысяч сельских жителей. В общей сложности из 30-километровой зоны были вывезены ~116 тысяч человек [33]. Предотвращенная доза внешнего и внутреннего облучения для всех эвакуированных составила около 10000 чел.-Зв, а реализованная — не более 4000 чел.-Зв [3]. Средняя доза на щитовидную железу составила ~500 мГр, в связи с чем прогнозировалось некоторое увеличение частоты раков щитовидной железы среди эвакуированных. Позже средняя фактическая эффективная доза для эвакуированных жителей была оценена на уровне 30 мЗв, около 500 человек получили дозы в диапазоне 250—750 мЗв.

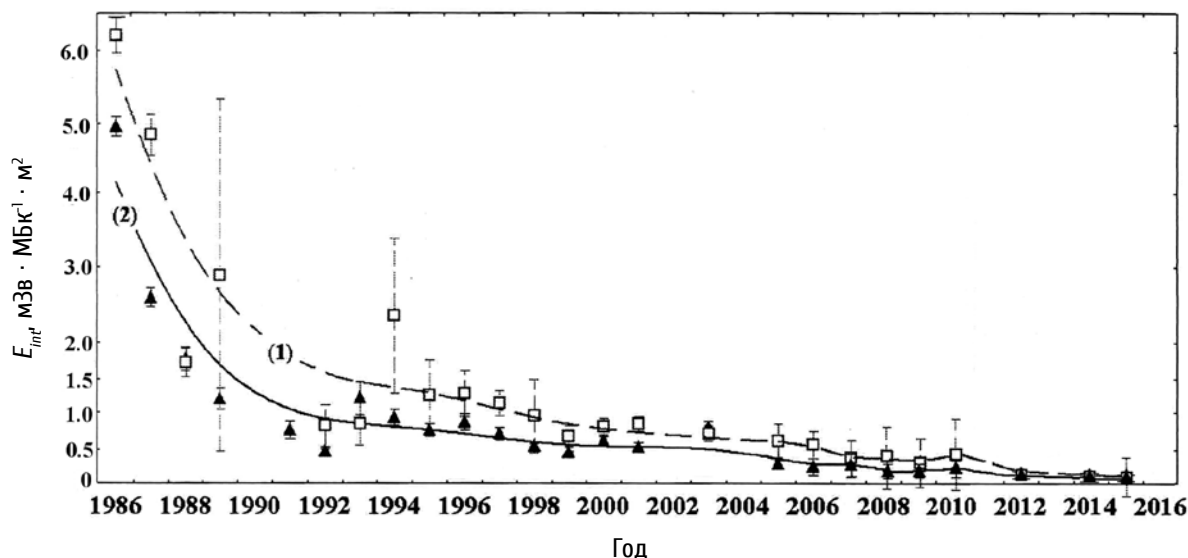


Рисунок 3.4. Динамика нормированной средней дозы внутреннего облучения радионуклидами цезия населения Брянской области в населенных пунктах с плотностью выпадения цезия-137 на почву 5–15 Ки/км² (1) и выше 15 Ки/км² (2). Дозы нормированы на плотность загрязнения почвы цезием-137

Дозиметрическое обследование наиболее загрязненных территорий Брянской, Тульской, Орловской и Калужской областей началось уже 2 мая 1986 года. Этим занимались специалисты Ленинградского НИИРГ (в настоящее время ФБУН Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П. В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека — СПбНИИРГ) совместно с сотрудниками местных органов санэпиднадзора. На основе их дозовых оценок были предложены эффективные меры защиты, которые позволили существенно снизить средние дозы облучения населения уже к 1988 году (рис. 3.4) [32].

Ранние оценки доз легли в основу первых прогнозов медицинских последствий аварии. Уже осенью 1986 года были сделаны четыре вывода, крайне важных для принятия решений по управлению ресурсами в области здравоохранения [45]:

- тяжелые клинические последствия облучения среди населения не ожидаются;
- увеличение онкологической заболеваемости будет незначительным с точки зрения организации медицинской помощи, хотя в определенные периоды времени в некоторых группах населения с помощью эпидемиологических методов ряд последствий может быть выявлен;
- следует ожидать значительного увеличения частоты возникновения рака щитовидной железы из-за воздействия радиационного облучения, особенно среди детей;
- психологический стресс, вызванной аварией, затронет миллионы людей.

Высокие дозы облучения щитовидной железы у населения наиболее загрязненных районов трех пострадавших республик, особенно у детей до 7 лет, были прямым следствием отсутствия своевременного информирования населения за пределами 30-километровой зоны ЧАЭС (см. главу 1). Несмотря на установление 6 мая необходимых нормативов, в первые недели после аварии жители, особенно в сельской местности, продолжали употреблять свежее молоко, содержащее радиойод. Особенно интенсивно радионуклиды йода накапливались в щитовидной железе детей, которые пили больше молока, чем взрослые, и радиойод накапливался в железе меньшего объема. В связи с этим уже осенью 1986 года в РСФСР прогнозировалось развитие в будущем от 300 до

3000 дополнительных случаев рака щитовидной железы у детей до 7 лет [45]. Длительная работа по реконструкции доз на щитовидную железу показала, что в загрязненных районах Брянской области⁸ у всех детей дошкольного возраста дозы были выше 0,05 Гр. Максимальные индивидуальные дозы были у детей младше 3 лет, в 17 населенных пунктах они доходили до ~10 Гр [32].

В России наибольшие уровни радиоактивных выпадений находились в Брянской области. Значительные выпадения произошли также в Тульской, Калужской и Орловской областях. В соответствии с введенным в августе 1986 года зонированием, в Брянской области 4 населенных пункта были отнесены к зоне отчуждения, из них были отселены 186 человек. В российской части зоны жесткого контроля (ЗЖК), к которой относились территории с уровнем загрязнения почвы ^{137}Cs выше 15 Ки/км², проживали 112 тысяч человек. Исключение загрязненных местных продуктов питания из рациона жителей ЗЖК гарантировало непревышение регламентной дозы 100 мЗв за первый год после аварии. В 1987 году был введен предельный уровень аварийного облучения населения на период до 1 января 1990 года — 173 мЗв. В дальнейшем было показано, что первоначальные оценки были завышенными: по факту у 80% жителей за первые четыре года дозы были в диапазоне 5—50 мЗв [4]. Согласно ранним прогнозам российских специалистов, дополнительный выход летальных онкологических заболеваний не превышал 3—4% от спонтанного уровня [45]. Выявить такое превышение с помощью мониторинга национальной статистики онкологической заболеваемости невозможно.

В 1990 году после отказа советского правительства от предложенного РНКРЗ дозового критерия для населения 350 мЗв за жизнь (см. главу 1) Совет Министров СССР принял решение о дополнительном переселении 56 тысяч жителей из 31 населенного пункта Брянской области. Это решение, не имевшее радиационно-гигиенического обоснования, привело к весьма неблагоприятным последствиям для переселенных людей: помимо существенных материальных потерь, утраты социальных связей, потери работы и социального статуса оно привело к увеличению неврологической и сердечно-сосудистой патологии [36].

Принятый в 1991 году закон «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» многократно расширил площадь зон загрязнения, включив в эту категорию территории, где дозы облучения населения были существенно ниже, чем в зоне жесткого контроля. К зоне радиационного загрязнения были отнесены территории, на которых:

- средняя годовая эффективная доза облучения населения радиоактивными выпадениями чернобыльской аварии (в условиях отсутствия активных мер радиационной защиты и самоограничений при потреблении местных пищевых продуктов) могла бы превышать 1 мЗв;
- плотность радиоактивного загрязнения почвы цезием-137 превышает 1 Ки/км².

Примененные в законе 1991 г. критерии увеличили численность затронутого мерами вмешательства населения более чем на порядок, примерно с 500 тыс. до почти 7 млн человек в Беларуси, России и Украине. При этом 90% территорий, впервые получивших статус загрязненных, относились к зоне льготного социально-экономического статуса (1—5 Ки/км²), где дополнительные чернобыльские дозы были сопоставимы с дозами облучения от природного фона [46].

Следует отметить, что величина среднегодовой эффективной дозы, по которой проводится зонирование территорий и принимаются решения о радиационной защите населения и реабилитации территорий, по определению несколько завышена по сравнению с реальными дозами, которые получают жители. Для оценки доз в условиях применения мер радиационной защиты проводят массовые СИЧ-измерения содержания цезия-

137 в организме жителей и измерения мощности дозы гамма-излучения в населенных пунктах. По этим данным вычисляют фактические среднегодовые эффективные дозы облучения всего населения и его критических (наиболее облучаемых) групп. Так, в наиболее загрязненных населенных пунктах Брянской области фактические дозы облучения примерно вдвое ниже расчетных (табл. 3.6).

Таблица 3.6. Распределение населенных пунктов Брянской области, отнесенных к зонам радиационного загрязнения, по величине средней годовой эффективной дозы (2020 г., данные СПБНИИРГ)

Доза	Интервалы СГЭД, мЗв				СГЭД, мЗв	
	<0,3	0,3–1,0	>1,0	>5,0	Средняя	Максимум
СГЭД ₉₀	387	243	119	2	0,49	5,6
СГЭД _{крит}	376	285	88	1	0,47	6,3
СГЭД _{факт}	565	170	14	–	0,23	3,1

Примечание: СГЭД — среднегодовая эффективная доза для населенного пункта; СГЭД_{факт} — фактическая СГЭД для всех жителей, СГЭД_{крит} — фактическая СГЭД для критической группы, СГЭД₉₀ — верхний 90%-й квантиль расчетной СГЭД для всех жителей

На начало 2020 года к зонам радиоактивного загрязнения относились 3 855 населенных пунктов в 14 субъектах Российской Федерации, в которых проживают более 1,5 млн человек (табл. 3.7). Расчетные годовые эффективные дозы у жителей этих населенных пунктов варьировали в диапазоне от сотых долей миллизиверта до 5,6 мЗв.

Таблица 3.7. Распределение населенных пунктов, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения, по величине СГЭД₉₀ (2020 г., данные СПБНИИРГ)

Субъект Российской Федерации	Число НП	В том числе, в интервалах СГЭД ₉₀ , мЗв				СГЭД ₉₀ , мЗв	
		< 0,3	0,3–1,0	≥ 1,0	≥ 5,0	Средняя	Максимальная
Белгородская область	78	78	–	–	–	0,037	0,07
Брянская область	749	387	243	119	2	0,494	5,6
Воронежская область	74	74	–	–	–	0,043	0,09
Калужская область	300	255	45	–	–	0,165	0,70
Курская область	156	156	–	–	–	0,057	0,15
Ленинградская область	29	29	–	–	–	0,049	0,08
Липецкая область	69	69	–	–	–	0,043	0,10
Орловская область	843	835	8	–	–	0,064	0,35
Пензенская область	31	31	–	–	–	0,045	0,10
Республика Мордовия	15	15	–	–	–	0,044	0,12
Рязанская область	285	285	–	–	–	0,059	0,23
Тамбовская область	6	6	–	–	–	0,032	0,04

Продолжение табл. 3.7

Субъект Российской Федерации	Число НП	В том числе, в интервалах СГЭД _{90'} , мЗв				СГЭД _{90'} , мЗв	
		< 0,3	0,3–1,0	≥ 1,0	≥ 5,0	Средняя	Максимальная
Тульская область	1215	1198	17	–	–	0,090	0,43
Ульяновская область	5	5	–	–	–	0,048	0,08
Итого (14 субъектов):	3855	3423	313	119	2	0,091	5,6

Расчетные годовые дозы превышают критерий 1 мЗв в 119 населенных пунктах (НП) Брянской области, фактические — в 14 НП (максимум ~3 мЗв) для всех жителей и в 88 НП (максимум — 6,3 мЗв) для лиц критической группы. Не только фактические, но и расчетные уровни дополнительного облучения населения в наиболее загрязненных районах Брянской области сопоставимы с суммарной дозой от природных и медицинских источников (~3,6 мЗв в среднем по 14 областям России) [47]. Дополнительные радиационные риски для здоровья жителей этих населенных пунктов пренебрежимо малы, но по действующему законодательству они требуют внимания к радиационной защите населения и реабилитации территории. Согласно прогнозу, к 2056 году значения СГЭД_{90'} выше 1 мЗв сохранятся только в четырех населенных пунктах Брянской области (при максимальном значении 1,4 мЗв). [48]

В остальных 13 областях средние фактические дозы от чернобыльских выпадений находятся в диапазоне от 0,02 до 0,08 мЗв, то есть значительно меньше законодательно установленного критерия 1 мЗв в год. Согласно букве закона, такие уровни дополнительного облучения не требуют проведения мер радиационной защиты населения и реабилитации территории. Большую часть этих населенных пунктов можно вывести из зоны загрязнения по радиационному фактору, но вопрос упирается в решение социально-экономических проблем, возникших вследствие нарушения нормальной жизнедеятельности при проведении защитных мер (см. раздел 4.2).

3.4.2 Отдаленные последствия облучения

Для научного анализа отдаленных эффектов облучения в диапазоне малых доз необходим большой объем детальных данных по статистике заболеваемости и смертности населения на загрязненных и контрольных территориях за длительный период времени. В России такая информационная база накоплена в рамках НРЭР.

3.4.2.1 Последствия облучения по данным НРЭР

Для зарегистрированных в НРЭР 374 416 жителей наиболее загрязненных радионуклидами территорий Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей среднее значение накопленных к 2020 г. эффективных доз составляет 0,03 Зв, т. е. превышение над дозами населения, накопленными за счет естественного радиационного фона, составило около 25%. За счет выпадения радиоактивных изотопов йода поглощенная доза в щитовидной железе в среднем составила 0,084 Гр, а у детей (на момент йодных выпадений) доходила до 4 Гр.

Рак щитовидной железы. Рак щитовидной железы (РЩЖ) является индикаторным заболеванием воздействия радиоактивных изотопов йода на человека. Особое место в оценке радиологических последствий аварии на Чернобыльской АЭС отводилось изучению заболеваемости РЩЖ населения наиболее загрязненных радионуклидами территорий России. После чернобыльской аварии регистрации, диагностике и лече-

нию РЩЖ населения загрязненных территорий уделялось особое внимание. Это привело к так называемому эффекту скрининга: значительному увеличению наблюдаемых показателей заболеваемости РЩЖ для данного населения, по сравнению показателями заболеваемости РЩЖ населения России в целом. Кроме того, увеличение заболеваемости РЩЖ было частично обусловлено облучением щитовидной железы. В таблице 3.8 приведены оценки фактора скрининга (FS) и коэффициента избыточного относительного риска заболеваемости (ERR/Гр) для РЩЖ населения загрязненных радионуклидами территорий.

Таблица 3.8. Совместные оценки эффекта скрининга (FS) и коэффициента избыточного относительного риска заболеваемости РЩЖ (ERR/Гр) в когорте лиц из населения Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей, зарегистрированных в НРЭР

Возрастная группа на момент аварии	0–17 лет	18 лет и старше
Число лиц с оценкой дозы на щитовидную железу	108166	219544
Число случаев РЩЖ	423	1126
Средняя доза в когорте, Гр	0,174	0,035
Средняя доза среди случаев РЩЖ, Гр	0,190	0,036
FS (95 % ДИ)	5,62 (4,61; 5,60)	2,11 (2,79; 3,52)
ERR/Гр (95 % ДИ)	4,61 (2,73; 7,01)	0,95 (–0,76; 3,01)

В среднем за всё время наблюдения фактор скрининга FS оценивался на уровне 5,62 для детей и подростков (моложе 18 лет на момент чернобыльской аварии) и на уровне 2,11 — для взрослых (18 лет и старше). Радиационный риск при этом наблюдался только для детей и подростков: ERR/Гр = 4,61 при 95% ДИ (2,73; 7,01). С учетом средней поглощенной дозы в щитовидной железе 0,190 Гр у заболевших РЩЖ детей и подростков, из 423 случаев заболеваний 198 (48%) являлись радиационно обусловленными.

Для когорты населения загрязненных радионуклидами территорий, состоящих под наблюдением в НРЭР в 2020 г., численностью 99 828 человек (из них 38 332 детей и подростков на момент чернобыльской аварии), ожидается еще 144 радиационно обусловленных случая РЩЖ, что на 27% меньше, чем за весь предыдущий период до 2020 г.

Лейкозы. По данным НРЭР, радиационный риск лейкозов для населения загрязненных радионуклидами территорий статистически значимо не наблюдался, хотя среднее значение избыточного радиационного риска всё же превышало нулевой уровень и составляло около 7%.

Солидные раки и рак молочной железы. Статистически значимый радиационный риск солидных ЗНО, включая риск рака молочной железы у женщин, для населения загрязненных радионуклидами территорий не наблюдался. Это связано с небольшими дозами облучения населения (в среднем, 0,03 Зв). Если придерживаться консервативных прогнозов по моделям риска МКРЗ, то избыточный радиационный риск заболеваемости солидными ЗНО среди населения следует ожидать на уровне 1% выше спонтанной заболеваемости, то есть, в 6 раз меньшем, чем для когорты ликвидаторов. При таком небольшом ожидаемом риске для его выявления требуется более длительное время наблюдения за состоянием здоровья населения загрязненных территорий.

Последствия для здоровья будущих поколений. По мнению НКДАР ООН и МКРЗ, в настоящее время для человека отсутствуют доказательства того, что воздействие ионизирующей радиации на родителей приводит к избыточному выходу наслед-

ственных заболеваний у потомства. Однако, при консервативных (завышенных) оценках радиационных рисков наследственных заболеваний человека МКРЗ рекомендует использовать коэффициенты риска, полученные на экспериментальных животных.

По данным НРЭР, максимальные годовые эффективные дозы облучения отдельных лиц из населения, проживающего на территориях с загрязнением 1–5 Ки/км², не превышают 0,001 Зв, начиная с 1994 г., а на территориях с загрязнением 5–40 Ки/км² — будут превышать 0,001 Зв вплоть до 2046 г. В соответствии с рекомендациями 2007 г. МКРЗ, консервативная оценка доли радиационно обусловленных наследственных заболеваний потомства, рожденного от родителей, проживавших до 2000 г. на территориях с загрязнением 1–5 Ки/км² (зона с льготным социально-экономическим статусом), составляет 0,08%, а для территорий с загрязнением свыше 5 Ки/км² (зона отселения и зона с правом на отселение) — 0,4% от среднероссийских показателей. В первом случае это может составить пожизненно 160 случаев наследственных заболеваний на 1 300 тыс. проживавших, а во втором — пожизненно 140 случаев наследственных заболеваний на 230 тыс. проживавших. Доля радиационно обусловленных наследственных заболеваний для потомства, рожденного после 2000 г., в 5 раз меньше, чем доля для потомства, рожденного до 2000 г.

Важно отметить, что среди детей, рожденных после 2000 г. у этих жителей, в системе НРЭР к 2020 г. не выявлено статистически значимой зависимости частоты врожденных пороков развития от накопленной за период 1986–2000 гг. дозы облучения их родителей: ERR/Гр = –0,09 при 95% ДИ (–0,52; 0,40).

3.4.2.2 Международный консенсус

В связи с высокой научной значимостью результатов изучения отдаленных последствий облучения в малых дозах эксперты НКДАР ООН в течение 20 лет анализировали опубликованные данные по теме отдаленных последствий облучения у населения Беларуси, России, Украины и других европейских стран на основе международных критериев научной достоверности. В докладе НКДАР 2008 года был зафиксирован международный консенсус относительно отсутствия у населения статистически значимого повышенного риска по отдельным классам онкологической и неонкологической заболеваемости и смертности, кроме РЩЖ.

До аварии наследственные эффекты облучения наблюдались только среди популяций животных, получивших сравнительно высокие дозы радиации. Считается, что теоретически такие эффекты могут иметь место и у людей. Как и предшествующие медицинские наблюдения за другими когортами облученных людей, данные, полученные после аварии на ЧАЭС по детям ликвидаторов и жителей загрязненных территорий, не выявили значимых отклонений в показателях здоровья детей.

Что касается рака щитовидной железы (РЩЖ), по данным НКДАР ООН в Беларуси, России и Украине с 1991 по 2005 год было выявлено более 5000 случаев РЩЖ среди лиц, являвшихся во время аварии детьми моложе 15 лет. Частота этого заболевания на загрязненных территориях в несколько раз превышала средние национальные показатели. Отчасти это объяснялось повышенным вниманием медиков к регистрации, диагностике и лечению РЩЖ у населения загрязненных территорий. Определенный вклад в избыточный выход этой патологии внесло облучение радиоактивными изотопами йода, выброшенными во время аварии. Однако специалисты не пришли к окончательному выводу относительно количественного соотношения между вкладами облучения и скрининга.

Через 30 лет после аварии эксперты НКДАР актуализировали и еще раз проанализировали данные по заболеваемости РЩЖ в целом по Беларуси и Украине и четырем наиболее загрязненным областям России. За 25-летний период с 1991 по 2015 год было зареги-

стрировано более 19 000 случаев РЩЖ. Это в 2,8 раза выше, чем число РЩЖ в той же возрастной группе, выявленных в первые 15 лет (1991—2005). Монотонный рост в последние десять лет обусловлен несколькими факторами: естественным старением наблюдаемой группы лиц, влиянием аварийного облучения, повышенным вниманием к выявлению данной патологии в наблюдаемой группе со стороны медиков и самих наблюдаемых лиц, а также постоянным совершенствованием диагностических методов. Специфические биомаркеры для радиогенных раков за прошедшее время не были найдены. С учетом имеющейся неопределенности вклад радиационного фактора в индукцию РЩЖ, по современным оценкам экспертов НКДАР, может составлять от 7 до 50% (в среднем 25%) [49].

3.5 Краткое заключение

Пожарные и члены персонала ЧАЭС, получившие в первые сутки опасные для жизни дозы облучения (до 16 Гр), в большинстве своем были спасены. Через 30 лет после аварии 60% из них были живы. Из тех, кто наблюдался в России, за 30 лет умерли 54 человека, в том числе 28 человек в первые 100 дней после облучения.

Уже через несколько суток после аварии новые случаи радиационного поражения людей были исключены. Спустя месяц была сформирована система медико-санитарного обеспечения радиационной безопасности работ в зоне ЧАЭС, позволившая избежать массового переоблучения участников работ. По данным официального учета, дозы выше аварийного норматива (250 мГр) получили менее 2,5% российских ликвидаторов, работавших в 30-километровой зоне ЧАЭС в 1986—1990 гг. Большинство ликвидаторов получили малые дозы облучения (менее 100 мГр).

Благодаря реализации защитных мер для населения не было ни одного случая острой лучевой болезни, ни среди эвакуированных, ни среди тех, кого не эвакуировали. Однако не было предотвращено повышенное облучение щитовидной железы у жителей, в большей степени у детей, проживавших в том числе на большом удалении от ЧАЭС.

подавляющее большинство жителей радиационно загрязненных территорий подверглись достаточно слабому облучению, сопоставимому с ежегодными естественными фоновыми уровнями или в несколько раз превышающему их, а медицинские последствия самой тяжелой в истории атомной энергетики аварии были ограничены масштабами техногенной аварии средней тяжести.

Научный консенсус относительно ограниченного масштаба медицинских последствий аварии был в основном достигнут к 2001 году, на международном уровне он зафиксирован в докладе НКДАР ООН 2008 года. Уточненная научная позиция относительно радиационной обусловленности значительного роста заболеваемости РЩЖ у детей, проживавших в 1986 году на радиационно загрязненных территориях, изложена в «Белой книге» НКДАР ООН в 2018 году.

У специалистов нет сомнений, что к радиационно обусловленным последствиям аварии относятся:

- 134 случая ОЛБ⁹ у сотрудников станции и аварийных рабочих, получивших самые высокие дозы радиации. В этой группе:

⁹ Острая лучевая болезнь (ОЛБ) развилась у работников АЭС и пожарных, находившихся на промплощадке в первые сутки аварии. После 27 апреля облучение ликвидаторов, за редким исключением, носило протрагированный (порционный) характер и не приводило к ОЛБ. В московскую клинику пострадавшие поступали в основном с 27 по 29 апреля. Позднее были единичные больные в основном со слабо выраженной или отсутствующей первичной реакцией (I или II степень ОЛБ). В начале 1990-х некоторые диагнозы ОЛБ, поставленные на Украине, были пересмотрены и частично сняты. Ликвидаторы, получившие диагноз «астено-невротический синдром», не относятся к числу больных ОЛБ. Определенная путаница в оценке числа больных ОЛБ могла возникнуть из-за того, что шифр «астено-невротический синдром» ранее применялся для обозначения диагноза ОЛБ, однако к моменту аварии на ЧАЭС этот шифр уже не использовался. После аварии врачи-неврологи ставили диагноз «астено-невротический синдром» на основании обследований, не имея в виду ничего другого.

- высокие дозы облучения оказались смертельными для 28 человек;
- для лиц, перенесших ОЛБ, основными отдаленными последствиями стали повреждения кожи и катаракты, в этой группе также отмечен рост числа злокачественных новообразований системы крови;
- от 7 до 50% из более чем 19 000 случаев заболевания раком щитовидной железы, зарегистрированных в 1991—2015 гг. у жителей радиоактивно загрязненных территорий Беларуси, Украины и четырех наиболее загрязненных областей России, являвшихся на момент аварии детьми до 18 лет;
- длительные психологические последствия в форме различных симптомов эмоционального стресса и тревоги относительно ухудшения здоровья из-за возможного облучения.

Международное научное сообщество согласно также с тем, что за 20 лет после аварии убедительных свидетельств проявления других негативных последствий для здоровья ликвидаторов и населения (кроме РЩЖ у детей), которые можно было бы отнести на счет воздействия облучения, не было получено. Поэтому с радиологической точки зрения прогнозы в отношении здоровья затронутых аварией людей в целом преимущественно положительные.

Специалисты из России, Беларуси, Украины и балтийских стран более осторожны в своих прогнозах. Так, специалисты российского НРЭР на основе анализа накопленных за 35 лет больших массивов медико-дозиметрических данных относят к радиационно обусловленным последствиям:

- повышенную заболеваемость и смертность от лейкозов среди российских ликвидаторов в первые десять лет после аварии: около 50% над спонтанным уровнем;
- высокий уровень заболеваний РЩЖ среди лиц, являвшихся детьми и подростками на момент аварии и проживавших на территориях с плотностью загрязнения выше 5 Ки/км² (около 50% над спонтанным уровнем), как за прошедшие 35 лет после аварии, так, возможно, и в последующие годы;
- превышение над спонтанным уровнем онкологической заболеваемости среди российских ликвидаторов (около 5%) и, возможно, среди населения наиболее загрязненных радионуклидами территорий (около 1%) как за прошедшие 35 лет после аварии, так, возможно, и в последующие годы;
- превышение над спонтанным уровнем смертности от болезней системы кровообращения (в первую очередь, от сердечно-сосудистых и цереброваскулярных заболеваний) среди российских ликвидаторов 1986—1987 гг. въезда в зону аварии (около 5%) как за прошедшие 35 лет после аварии, так, возможно, и в последующие годы;
- повышенный (на 20%) уровень смертности от болезней системы кровообращения для 10% ликвидаторов, составляющих группу повышенного радиационного риска (с дозами облучения более 0,15 Гр, накопленными за 6 недель и менее), за прошедшие 35 лет после аварии, и, возможно, в последующие годы.

Исходя из этого, специалисты НРЭР считают, что проблема минимизации медицинских последствий и повышения эффективности медицинской помощи лицам, относящимся к группам повышенного радиационного риска, сохранит актуальность не только на ближайшие годы, но и на длительную перспективу.

4 Государственные программы преодоления последствий аварии на ЧАЭС

В Российской Федерации государственное управление работами по преодолению последствий аварии осуществлялось в форме:

- целевых государственных программ, то есть финансируемых за счет средств государственного бюджета комплексов мероприятий в сфере здравоохранения, сельского и лесного хозяйства, а также научного и информационного обеспечения, реализуемых на затронутых аварией территориях;
- мер социальной поддержки в отношении отдельных категорий граждан, в том числе проживающих (проживавших) на загрязненных территориях или участвовавших в работах по преодолению последствий аварии.

Интенсивность и масштабность применяемых мер в обоих случаях определялась, исходя из принципа зонирования, площадью затронутых аварией территорий и численностью проживающего на них населения.

4.1. Зонирование территорий радиоактивного загрязнения

В 1986 году основное внимание уделялось районам радиоактивного загрязнения почвы ^{137}Cs на уровне, превышавшем 15 Ки/км^2 ($0,55 \text{ МБк/м}^2$). По мере уточнения радиационной обстановки и выявления проблем, связанных с загрязнением сельхозпродукции, зона проведения работ стала расширяться, уточнялся и совершенствовался характер мероприятий. В начале 1991 г. Правительство СССР одобрило новую концепцию проживания на загрязненных территориях, которая устанавливала новый критерий вмешательства — дополнительное облучение в дозе свыше 1 мЗв/год . На основе этой концепции планировалось осуществить переход к восстановительной фазе ликвидации последствий аварии (см. раздел 1). Новый дозовый критерий предлагался также для зонирования территорий, но при этом сохранялся и старый критерий — плотность загрязнения почвы ^{137}Cs .

Принятый в РСФСР в 1991 г. закон «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» также предусматривал два критерия зонирования территорий — уровень загрязнения почвы отдельными радионуклидами и уровень годовых доз дополнительного облучения. Но за весь последующий период дозовый критерий практически не использовался, поскольку ориентация на дозы привела бы к существенному снижению числа лиц, получающих льготы и компенсации.

В первый российский перечень населенных пунктов, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения (утвержден распоряжением Правительства РСФСР от 28 декабря 1991 г. № 237-р), были включены 6884 населенных пункта 14 субъектов Российской Федерации, где проживали 2,2 млн человек. Российским законом были установлены следующие зоны радиоактивного загрязнения:

- **зона отчуждения** — часть территории Красногорского района Брянской области с расположенными на ней четырьмя населенными пунктами (Барсуки, Князевщина, Прогресс и Нижняя Мельница), 186 жителей которых были переселены в августе 1986 г.;
- **зона отселения** — территории, на которых плотность загрязнения ^{137}Cs превышала 15 Ки/км² (0,55 МБк/м²). В этой зоне в районах, где плотность загрязнения превышала 40 Ки/км² (1,48 МБк/м²) или среднегодовая эффективная доза (СГЭД) могла превысить 5 мЗв, население подлежало обязательному отселению (**зона обязательного отселения**). В данную зону попали наиболее загрязненные населенные пункты Брянской области;
- **зона проживания с правом на отселение** — территории с плотностью загрязнения ^{137}Cs 5—15 Ки/км² (0,18—0,55 МБк/м²) или СГЭД более 1 мЗв. В данную зону попали загрязненные населенные пункты Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей;
- **зона с льготным социально-экономическим статусом** — территории с плотностью загрязнения ^{137}Cs от 1 до 5 Ки/км² (0,037—0,18 МБк/м²) или СГЭД не более 1 мЗв. В данную зону оказались включенными населенные пункты еще 14 субъектов Российской Федерации.

В дальнейшем перечень неоднократно менялся. В 1996 году число населенных пунктов в перечне увеличилось, но затем стало сокращаться (табл. 4.1). В 2015 году был утвержден ныне действующий перечень.

Таблица 4.1. Динамика числа населенных пунктов, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения в России, 1991—2015 гг.

Год	Число населенных пунктов	Численность населения, млн чел.
1991	6884	~2,2
1996	7695	>2,7
1997	4344	~1,8
2015	3855	~1,5

Особая значимость процедур зонирования связана с законодательной привязкой системы социальных гарантий к статусу зоны загрязнения. По закону границы зон и перечень относящихся к ним населенных пунктов пересматриваются Правительством Российской Федерации с периодичностью раз в пять лет (ст. 7 закона). Основанием для пересмотра являются результаты ежегодных комплексных обследований территорий, позволяющих оценить радиационную обстановку и социально-экономические факторы (качество жизни населения, социальная и инвестиционная привлекательность территорий, уровень социально-психологической напряженности).

Через 18 лет, прошедших после предыдущего пересмотра перечня 1997 года, радиационная ситуация на всех загрязненных территориях значительно улучшилась, включая наиболее загрязненные районы Брянской области (см. главу 2). По данным Роспотребнадзора, в 2014 году среднегодовые эффективные дозы превышали установленный законом дозовый критерий 1 мЗв/год только в 284 населенных пунктах Брянской области (табл. 4.2), бракераж молока, производимого в личных подсобных хозяйствах юго-западных районов Брянской области, в 2014—2015 гг. не превышал 5%.

Улучшение радиационной обстановки позволяло значительно сократить число населенных пунктов, относимых к границам зон загрязнения. Это относилось, прежде всего,

к зоне льготного статуса. Вместе с тем, жители серьезно опасались потерять социальные гарантии в результате исключения своих населенных пунктов из перечня [50]. Учитывая связанный с этим фактором уровень социально-психологической напряженности, в перечень 2015 года вошли 3855 населенных пункта, из которых ~93% населенных пунктов и ~88% жителей остались в зоне льготного статуса исключительно по социальным соображениям (табл. 4.3).

Таблица 4.2. Распределение населенных пунктов по среднегодовой эффективной дозе (СГЭД₉₀), 2014 г.

Субъект РФ	Число населенных пунктов	В том числе в интервале доз, мЗв/год				
		< 0,3	0,3–1,0	≥1,0	≥5,0	Максимум
Белгородская область	79	79	–	–	–	0,091
Брянская область	978	417	285	276	8	8,0
Воронежская область	79	79	–	–	–	0,11
Калужская область	353	262	91	–	–	0,91
Курская область	168	168	–	–	–	0,22
Ленинградская область	29	29	–	–	–	0,12
Липецкая область	75	75	–	–	–	0,13
Республика Мордовия	16	16	–	–	–	0,16
Орловская область	964	952	12	–	–	0,47
Пензенская область	35	35	–	–	–	0,13
Рязанская область	320	320	–	–	–	0,22
Тамбовская область	6	6	–	–	–	0,06
Тульская область	1306	1257	49	–	–	0,58
Ульяновская область	5	5	–	–	–	0,10
Итого	4413	3700	437	276	8	8,0

Таблица 4.3. Распределение числа населенных пунктов и численности проживающего в них населения по зонам радиоактивного загрязнения, 2015 г. по данным СПБНИИРГ

Зона радиоактивного загрязнения	Число населенных пунктов	Численность населения, тыс. человек
Зона отселения	26	8,4
Зона проживания с правом на отселение	233	178,1
Зона проживания с льготным социально-экономическим статусом	3594	1329,2

После утверждения перечня 2015 года МЧС России, в соответствии с законом, снова была организована работа по комплексным обследованиям населенных пунктов в 14 субъектах Российской Федерации. Были созданы региональные комиссии под руководством заместителей руководителей регионов, в состав комиссий вошли руководители (представители) уполномоченных органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, муниципальных районов, территориальных органов Росгидромета, Роспотребнадзора, Росстата и других федеральных органов исполнительной власти, общественных объединений граждан, а также представители экспертного и научного сообщества. В 2016—2020 гг. специалисты оценивали показатели радиоэкологического и социально-экономического состояния населенных пунктов и определяли их готовность к исключению из перечня или изменению статуса. По результатам обследования региональные комиссии вносили предложения в МЧС России. Решение отражалось в паспорте, который подписывался всеми членами комиссии, согласовывался с руководителем муниципального образования, в состав которого входил обследуемый населенный пункт, и утверждался руководителем субъекта Российской Федерации.

По данным Роспотребнадзора у жителей населенных пунктов, включенных в действующий перечень, на начало 2020 года установленный законом дозовый критерий 1 мЗв/год был превышен в 119 населенных пунктах (см. раздел 3.5.1). По мнению специалистов, необходимо полностью отказаться от использования величины плотности радиоактивного загрязнения территории ^{137}Cs в качестве законодательного критерия зонирования и использовать только научно обоснованные показатели эффективной дозы, хотя и этот критерий тоже не вполне однозначен (см. главу 3). Сложившаяся практика консервации зон радиоактивного загрязнения и уклонения от регулярного пересмотра статуса населенных пунктов уже повлекла за собой целый ряд нежелательных последствий, связанных с долговременным закреплением статуса зон радиоактивного загрязнения за благополучными в плане радиационной обстановки территориями и ростом социально-психологической напряженности.

4.2. Государственные программы

4.2.1 Государственные программы 1992—2015 гг.

Государственные программы по преодолению последствий Чернобыльской аварии реализовывались с 1992 по 2015 год и включали в себя пять федеральных целевых программ, четыре программы по защите детского населения и две программы по обеспечению жильем участников ликвидации последствий аварии (табл. 4.4).

Таблица 4.4. Государственные целевые программы, 1992—2020 гг.

Статус программы	Начало / пролонгация	Целевое население
Государственная	1993, 1996, 1997, 2001, 2011	Население всех зон загрязнения
Государственная	1990, 1993, 1997, 2000	Детское население в 4 областях
Государственная	1995, 2002	Ликвидаторы (жилье)
Межгосударственная	1998, 2002, 2012, 2016, 2019	Население загрязненных территорий в Республике Беларусь и России

Общий объем средств, выделенных из федерального бюджета на выполнение целевых программ, составил более 15 млрд денонмированных рублей в ценах соответствующих лет. Кроме того, дополнительные средства выделялись из бюджетов Минсельхоза России, субъектов Российской Федерации и внебюджетных источников. На выделен-

ные средства был выполнен значительный объем работ: введены в эксплуатацию более 1,3 млн м² общей площади жилых домов, общеобразовательные школы более чем на 19 тыс. ученических мест, больницы (3953 коек), поликлиники более чем на 10 тыс. посещений в смену, газовые и водопроводные сети общей протяженностью около 5 тыс. км, дороги общей протяженностью около 800 км и др. (табл. 4.5).

Таблица 4.5. Ввод в эксплуатацию объектов социальной сферы и инфраструктуры на загрязненных территориях, 1992–2015 гг.

Годы	Жилые дома, тыс. кв. м	Школы, учебных мест	Больницы, коек	Поликлиники, посещений в смену	Газовые сети, км	Водопроводы, км	Дороги, км
1992–1995	1 226,7	15 500	1 550	5 245	1 831,2	128,6	784,8
1996–1997	38,4	799	162	290	652,4	21,5	7,7
1998–2001	49,3	1 292	1 231	2 500	561,5	11,8	2,3
2002–2006	39,2	2 289	856	1 920	352,0	15,4	–
2007–2010	–	–	–	250	652,0	135,2	–
2011–2015	–	–	154	–	364,8	240,2	–
Всего	1 353,6	19 880	3 953	10 205	4 413,9	552,7	794,8

Кроме того, в 1998–2015 гг. выполнены четыре российско-белорусские программы совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской аварии, пятая российско-белорусская программа рассчитана на выполнение в 2019–2022 гг. Союзные программы стали важным дополнением национальных программ. В 1998–2018 гг. в ходе этих программ были созданы элементы единой системы специализированной медицинской помощи и нормативно-методической базы проведения единой политики в области ведения сельского и лесного хозяйства на радиоактивно загрязненных территориях, подготовлен атлас современных и прогнозных аспектов последствий чернобыльской катастрофы на пострадавших территориях России и Беларуси, внедрены новые медицинские технологии и др. [51].

С 2019 года выполняется пятая программа Союзного государства. Ее основные задачи — совершенствование систем радиационной безопасности населения и аграрного производства, создание условий для возврата радиоактивно загрязненных территорий к нормальной жизнедеятельности. С этой целью реализуется комплекс совместных мероприятий, научно-исследовательских, опытно-конструкторских, технологических работ. В Брянской области России, а также в Гомельской и Могилевской областях Беларуси проводятся обследования отселенных (отчужденных) территорий для изучения возможности их возврата в хозяйственный оборот, совместные мероприятия по комплексному радиоэкологическому мониторингу территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению.

4.2.2 Стратегия и приоритеты на различных этапах

В первые два года после распада СССР для реализации ранее утвержденных планов переселения было начато беспрецедентно большое количествостроек, многие из которых так и не были завершены. К 1994 году сформировалось ясное понимание как

ограниченности ресурсов, так и невозможности и ненужности массового переселения. В первой половине 1990-х годов был реализован большой объем мероприятий по уточнению радиационной обстановки, обеспечивший надежное прогнозирование ситуации на загрязненных территориях. Благодаря естественным процессам и выполненным работам радиационная обстановка нормализовалась на слабозагрязненных территориях Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой, Ленинградской, Нижегородской, Пензенской, Рязанской, Тамбовской и Ульяновской областей, Мордовии и Чувашии.

Через 10 лет после аварии государственная стратегия была переориентирована на плавный и «адекватно воспринимаемый» населением выход регионов из сферы действия государственной программы преодоления последствий аварии [52]. К долгосрочным приоритетам относились меры радиационной, медицинской, социальной защиты населения и реабилитации сельских и лесных угодий на юго-западе Брянской области, а также медицинское наблюдение и предоставление социальной помощи группам повышенного риска — ликвидаторам 1986/87 гг. и детскому населению наиболее загрязненных районов Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей.

Период 1996—2001 годов характеризовался последовательной реализацией скорректированной стратегии в рамках федеральных целевых программ в условиях по-прежнему неустойчивого финансирования. В условиях тяжелейшего экономического кризиса Правительством было принято решение сосредоточить усилия на реализации практических программных мероприятий в четырех областях — Брянской, Калужской, Орловской и Тульской, часть территории которых была отнесена к зоне проживания с правом на отселение и зоне отселения. Подавляющую часть расходов федерального бюджета в эти годы составляли социальные льготы и компенсации, а внутри них — льготы и компенсации жителям наименее загрязненных территорий. В 1997 году была предпринята административная попытка сокращения перечня населенных пунктов, подвергшихся радиоактивному загрязнению, которая позволила значительно сократить размеры зоны льготного статуса. Впоследствии статус некоторых населенных пунктов был восстановлен по решению судов. В связи с подъемом протестных настроений в число приоритетов была включена задача доведения до общества объективных данных по последствиям аварии.

В 2001—2005 годах обязательства государства в рамках федеральных целевых программ существенно сократились, при этом их исполнение стало более четким. В этот период в стране были проведены серьезные реформы в социальной сфере (монетизация льгот и др.), начался подъем в экономике.

В 2006—2015 годах переход загрязненных территорий к нормализации жизни вступил в заключительную фазу. К этому времени экономическое положение страны и рассматриваемых регионов значительно улучшилось. Стратегия федеральных целевых программ была переориентирована на создание необходимых условий для передачи дальнейшего решения проблем радиоактивно загрязненных территорий на региональный уровень. В 2015 году была завершена последняя, пятая, программа.

Спустя 35 лет после аварии можно констатировать, что жизнь на радиоактивно загрязненных территориях в России в основном вернулась в норму, за исключением некоторых аспектов социального самочувствия, связанных с восприятием радиационных рисков. В национальных рейтингах уровня социального благополучия и качества жизни в регионах четыре наиболее загрязненные области России стабильно располагаются в середине списка [53].

Существенное сокращение масштаба радиоэкологических проблем в сельском и лесном хозяйстве позволяет продолжить их решение на местном уровне. Задачи, требу-

ющие централизованного управления и бюджетного финансирования, по-прежнему решаются на государственном уровне. К ним относятся [54]:

- исполнение социальных обязательств в отношении пострадавших граждан в соответствии с законодательством;
- совершенствование законодательства в области преодоления последствий чернобыльской катастрофы с целью повышения эффективности предоставляемых гражданам мер социальной поддержки;
- продолжение реабилитации пострадавших территорий, в том числе программными методами;
- укрепление международного сотрудничества в области преодоления последствий чернобыльской катастрофы.

Также из средств федерального бюджета в настоящее время продолжают финансироваться:

- работа Национального радиационно-эпидемиологического регистра;
- деятельность межведомственных экспертных советов по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан с последствиями радиационного воздействия;
- работа по пересмотру перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС;
- проведение специальных мероприятий в лесном хозяйстве.

4.3 Защитные меры в сельском хозяйстве

4.3.1 Допустимые уровни содержания радионуклидов в пищевой продукции

Одним из наиболее эффективных мероприятий по защите населения, проживающего на загрязненных территориях, было ограничение поступления радионуклидов в организм с продуктами питания. С этой целью устанавливались временные допустимые уровни (ВДУ) содержания радионуклидов в продуктах питания и пищевом сырье.

Первые ВДУ были установлены 6 мая 1986 года для ограничения поступления йода-131 с пищевыми продуктами. Через 3 недели, когда опасность от короткоживущего йода-131 стала снижаться, были введены новые ВДУ, которые регламентировали содержание радионуклидов цезия (^{137}Cs , ^{134}Cs) в пищевых продуктах, питьевой воде и лекарственных травах. В дальнейшем ВДУ пересматривались по мере улучшения радиационной обстановки и снижения дозового предела облучения населения чернобыльскими выпадениями [32].

Последовательное ужесточение нормативов продолжилось и после распада СССР. Опыт 1990-х годов показал, что форсированное снижение допустимых уровней загрязнения приводило к значительному увеличению затронутых ограничениями сельскохозяйственных площадей, а в некоторых случаях — к сокращению объемов сельхозпроизводства, ухудшению экономической ситуации и росту социальной напряженности, в первую очередь в наиболее загрязненных регионах [55].

Действующие в настоящее время допустимые уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr были введены в действие в сентябре 2002 года (табл. 4.6).

Таблица 4.6. Допустимые уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в продуктах питания и питьевой воде, используемые в настоящее время в Беларуси, России и Украине*

Продукт	^{137}Cs , Бк×кг ⁻¹ , Бк×л ⁻¹			^{90}Sr , Бк×кг ⁻¹ , Бк×л ⁻¹		
	Беларусь	РФ**	Украина	Беларусь	РФ**	Украина
Зерно продовольственное, крупы	60	70	50	11	40	20
Хлеб и хлебобулочные изделия	40	40	20	3,7	20	5
Картофель	80	120	60	3,7	40	20
Овощи (лиственные, корнеплоды, столовая зелень)	100	120	40		40	20
Фрукты	40	40	70		30	10
Мясо и мясные продукты	500	160	200		50	20
Рыба и рыбные продукты		130	150		100	35
Молоко	100	100	100	3,7	25	20
Вода			2	0,37		2
Свежие дикорастущие ягоды	185	160	500		60	50
Свежие дикорастущие грибы	370	500	500		50	50
Сушеные дикорастущие ягоды и грибы	2500	2500	2500		250	250
Специальные продукты детского питания	37		40	1,85		5

Примечание: * Гигиенические требования... СанПиН 2.3.2.1078-01; Державні гігієнічні нормативи..., 2006; Республиканские допустимые уровни..., 1999

** без учета изменений №18 от 8.10.2010 г.

4.3.2 Защитные и реабилитационные мероприятия

В первый год после аварии предпринимались неотложные меры чрезвычайного характера. Чтобы исключить загрязненный пастбищный травостой из рациона животных, требовалось перевести их с пастбищного содержания на стойловое. Был организован полномасштабный радиационный контроль, отбраковка и переработка сверхнормативно загрязненной сельскохозяйственной продукции [3]. Из населенных пунктов с плотностью загрязнения более 15 Ки/км² был эвакуирован частный скот и организовано снабжение жителей более чистыми продуктами питания, производимыми в общественном секторе либо завозимыми из «чистых» районов. Эти мероприятия охватывали около 200 населенных пунктов, из которых уже в 1986 г. было эвакуировано 8813 голов крупного рогатого скота и более 15 тысяч голов мелкого рогатого скота, овец и свиней. В последующие два года из этих пунктов было дополнительно изъято 6881 голов крупного рогатого скота и более 10 тыс. других сельскохозяйственных животных.

В следующие несколько лет на первое место вышли защитные мероприятия, направленные не только на минимизацию накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции, но и одновременно на повышение плодородия почв, увеличение урожая и улучшение его качества, а также на повышение продуктивности сельскохозяйственных животных [56]. В зоне 1–5 Ки/км² на сенокосах и пастбищах, расположенных на торфяниках, проводилось коренное улучшение. В зоне 5–15 Ки/км² все естественные кормовые угодья на торфяниках и легких по механическому составу почвах подлежали коренному улучшению, включающему вспашку, известкование и внесение удобрений. В зоне 15–40 Ки/км² применялись полномасштабные контрмеры: на сенокосах и

пастбищах проводилось коренное улучшение. Угодья зоны отчуждения были выведены из сельскохозяйственного использования. В животноводстве система защитных мероприятий включала различные ограничительные, организационные и зоотехнические меры [57]. Одним из наиболее важных приемов было внедрение методов прижизненного контроля сельскохозяйственных животных, что остановило неоправданный забой скота на загрязненных территориях [58].

Через 35 лет после аварии улучшение радиационной ситуации и проведенные мероприятия обеспечили в основном производство нормативной сельскохозяйственной продукции и переход населения к нормальной жизнедеятельности, включая не только радиологические, но и экономические, социальные, демографические аспекты [59]. Применение реабилитационных мероприятий стало адресным: системы мер разрабатывались для отдельного сельскохозяйственного предприятия (или группы предприятий с близкими исходными характеристиками) или населенного пункта с учетом их радиологической и экономической эффективности [60].

Опыт показал, что со временем радиологическая эффективность различных технологических приемов снижается, а стоимость возрастает. Меры, наиболее эффективные и экономически оправданные в острый период, в дальнейшем требуют оптимизации. Среди контрмер с краткосрочным действием (до одного года) высокую эффективность показало применение ферроцинсодержащих препаратов для крупного рогатого скота [61], из мер с долгосрочным действием (последствием) наиболее эффективными по радиологическому и социально-экономическому фактору были такие реабилитационные технологии как коренное улучшение сенокосов и пастбищ для скота и известкование пахотных почв (табл. 4.7).

Таблица 4.7. Эффективность снижения содержания ^{137}Cs в продукции животноводства при применении различных технологических приемов и защитных мероприятий [62]

Тип контрмер	Вид животных	Вид продукции	Кратность снижения, число раз
Ограничительные	КРС	Молоко	8,3–8,5
	КРС	Молоко	4,0–4,1
Организационные	КРС	Мясо	3,3–3,5
	Ветеринарные		
Применение Cs-связывающих препаратов	КРС	Молоко	1,5–21,8
	КРС	Мясо	2,3–7,5
Применение сорбентов	КРС	Молоко	1,2–2,0
Зоотехнические			
Предубойный откорм «чистыми кормами»	КРС	Мясо	2,0–15,2
	Лошади	Мясо	1,9–9,5
	Овцы	Мясо	2,8–16,4
Рациональное использование сенокосов и пастбищ	КРС	Молоко	1,3–10,4
Подбор кормов для рациона	КРС	Молоко	1,7–2,5
	КРС	Мясо	32,6–1,8

Примечание: КРС — крупный рогатый скот.

Масштабы защитных мероприятий в сельском хозяйстве со временем менялись. Вначале, в 1986—1988 гг., масштабы росли и достигли оптимума в 1988—1992 гг. Это позволило обеспечить существенное снижение объемов производства сверхнормативно загрязненной продукции: по молоку от 86% в 1986 г. до 1,7% в 1994 г.; по мясу от 15,2% до 0,06%; по зерну от 78% до менее 0,01%. Начиная с 1993 г. объемы применения средств химизации и агромелиоративных мероприятий стали снижаться. Ухудшение экономического состояния хозяйств не позволяло им выполнять необходимые защитные мероприятия. С 2000 года целевое внесение минеральных удобрений (в основном калийных), извести и фосфоритной муки проводилось практически только в наиболее загрязненных юго-западных районах Брянской области и финансировалось из различных источников. За период 2006—2010 гг. работы по реабилитации радиоактивно загрязненных земель были выполнены на площади 1373 тыс. га, в следующие 5 лет — на площади 23,1 тыс. га, в 2014—2019 гг. на площади около 20 тыс. га.

На снижение концентрации ^{137}Cs в пищевых продуктах значительно влияют как естественные процессы, так и защитные мероприятия. В районах с интенсивным применением сельскохозяйственных конгрмер снижение концентрации ^{137}Cs в пищевой продукции произошло значительно быстрее, чем в районах с ограниченным применением защитных мероприятий [63].

4.4 Защитные меры в лесном хозяйстве

4.4.1 Меры по ограничению и оптимизации лесопользования

Наиболее трудной задачей является ограничение негативного влияния лесов, многофункциональное использование которых было нарушено. Вследствие этого, защитные мероприятия не ограничивались мерами по ведению лесного хозяйства. Они включали также комплекс мероприятий по обеспечению безопасного проживания населения, активно контактирующего с загрязненными лесами [22].

Ограничительные меры, направленные на снижение доз облучения для работающих на загрязненной территории и населения, носили как краткосрочный, так и долговременный характер. К ним относились регламентация ведения лесного хозяйства по зонам радиоактивного загрязнения, ограничение доступа населения в загрязненные лесные массивы, ограничение времени работы и др. Ограничительные меры были эффективны с точки зрения снижения доз облучения населения и не требовали больших затрат, однако они приводили к экономическим потерям за счет сокращения объемов заготовки древесины по главному и промежуточному пользованию лесом и продукции побочного лесопользования.

Вторая группа защитных мероприятий — оптимизация в использовании загрязненных лесов и лесоматериалов. В эту группу входили сезонное планирование работ в лесах, рекомендации по обработке ягод и грибов, ограничения на заготовку древесины в областях с высокими уровнями загрязнения, альтернативное использование древесины в более загрязненных районах и др. Долговременные меры включали создание системы радиационного контроля и системы сертификации лесных ресурсов по радиационному признаку, гигиенические нормативы на лесную продукцию, нормирование труда.

Для предотвращения дополнительных доз облучения работников лесного хозяйства и населения, сохранения биологической устойчивости насаждений и оздоровления экологической обстановки на загрязненной территории также применялись долговременные меры технологического характера — проведение работ по специальным технологическим регламентам или специальным проектам, механизация и автоматизация производственных процессов, обеспечение радиационной безопасности работающих, меры по охране лесов от пожаров и другие.

Ведение лесного хозяйства сопровождали научные исследования, подготовка и повышение квалификации специалистов лесного хозяйства, информирование работников леса и населения о радиационной обстановке в лесном фонде.

4.4.2 Актуальные вопросы реабилитации лесов

Проблема реабилитации лесов многопланова и выходит за рамки экономических потерь, связанных с ограничительными мерами. В лесных экосистемах затруднено проведение агротехнических мероприятий, таких как, например, коренное улучшение лугов. К настоящему времени не существует эффективных контрмер, которые могли бы снизить загрязнение лесных продуктов питания. Применение технологических контрмер связано со значительными дополнительными затратами [22].

Дополнительное облучение населения, связанное с загрязнением лесов, будет продолжаться в течение еще нескольких десятилетий. В этой связи сохраняется необходимость целенаправленного применения контрмер, их финансирования и контроля. Выбор защитных мер должен быть обоснован как с позиций радиационной безопасности, так и с точки зрения экономической, экологической и социальной целесообразности.

В настоящее время производственный радиационный контроль и мониторинг загрязненных лесов осуществляется подразделениями филиалов ФБУ «Рослесозащита». В наиболее загрязненных юго-западных районах Брянской области действует его обособленное подразделение в г. Новозыбков.

Лесные пожары рассматриваются как один из наиболее мощных факторов воздействия на окружающую среду и здоровье человека даже без учета радиационного фактора. Для раннего предупреждения возгораний в загрязненных лесах и на прилегающих к ним территориях специалисты используют систему распределенного видеонаблюдения на основе IP-камер, устанавливаемых на высотных объектах, преимущественно на вышках сотовых операторов, и объединенных в единую сеть (рис. 4.1). В 2015–2016 гг. такая система, включающая 8 точек наблюдения, была внедрена на территориях Злынковского и Клинцовского лесничеств (рис. 4.2). К настоящему времени она обеспечивает противопожарный мониторинг всех загрязненных лесов Брянской области. Аналогичные системы активно создаются и в других загрязненных регионах [64].

В зонах радиоактивного загрязнения сохраняется проблема зарастания неиспользуемых земель (преимущественно земель запаса, выведенных из сельскохозяйственного пользования после аварии). Покрытая древесной растительностью площадь после аварии значительно увеличилась, в наиболее малолесных районах почти в 2 раза (рис. 4.3). Эти леса не входят в систему управления лесным хозяйством, в них не ведется лесное



Рисунок 4.1. Вид с камеры в поселке Б. Щербиничи на лесные участки в зоне радиоактивного загрязнения

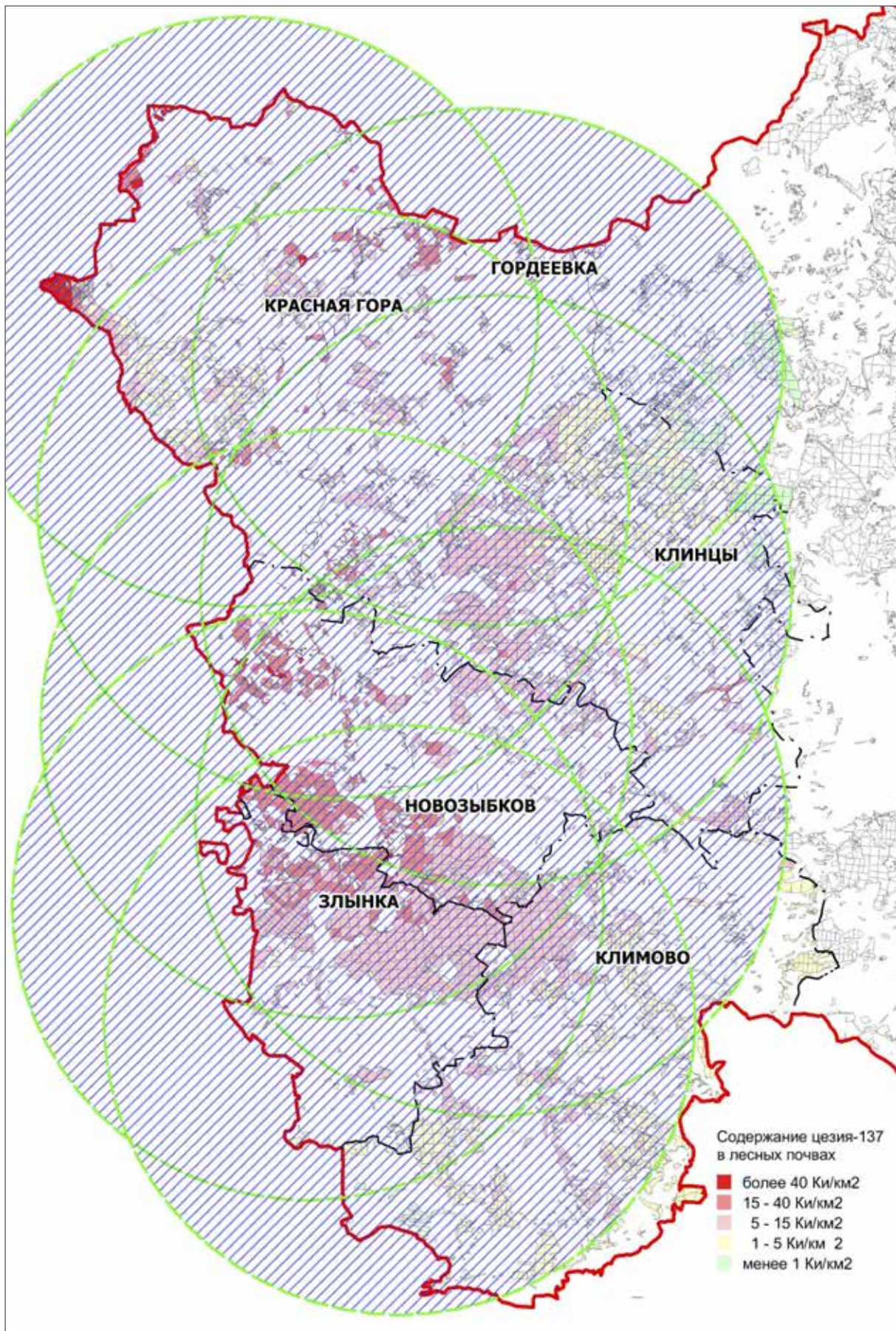


Рисунок 4.2. Зона обнаружения пожаров системой распределенного видеонаблюдения в Злынковском и Клинцовском лесничествах Брянской области

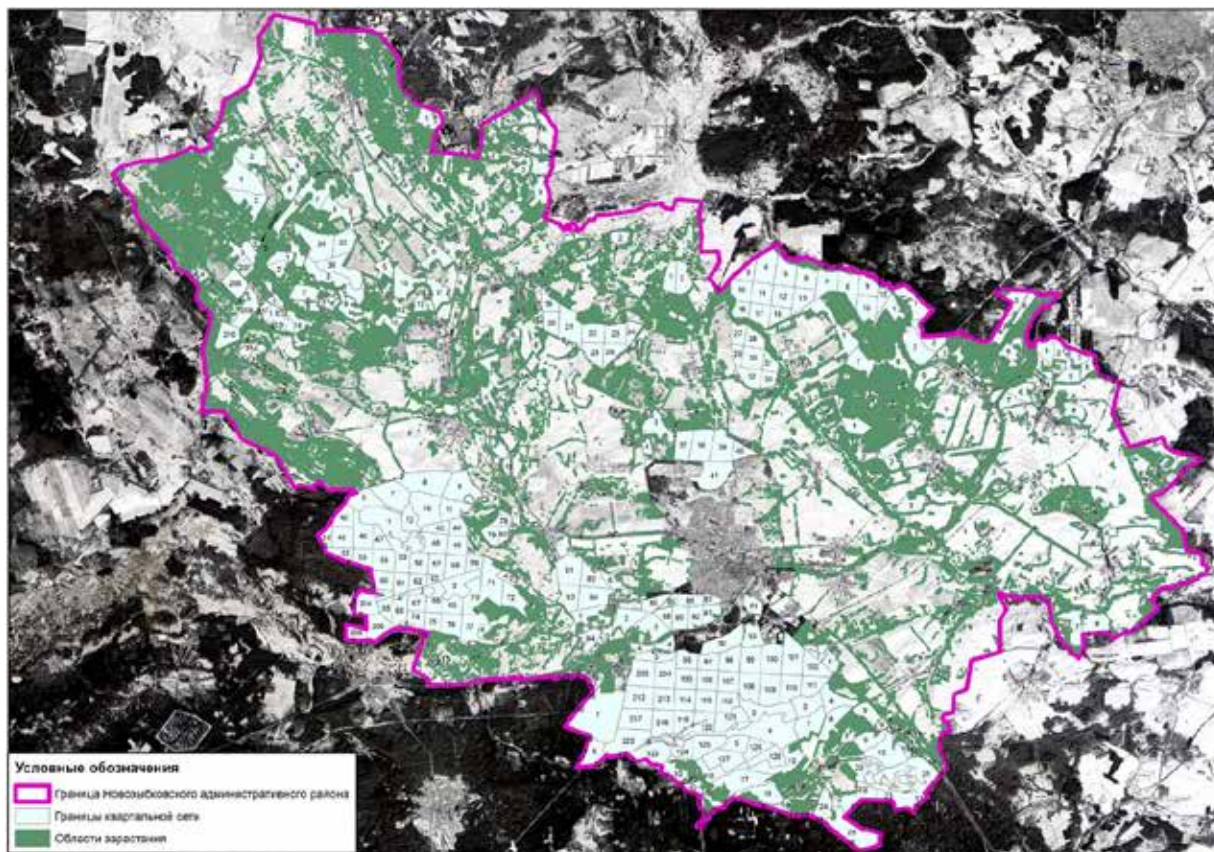


Рисунок 4.3. Карта-схема зарастания земель Новозыбковского района по данным космической съёмки, 2019 г. Зеленым цветом окрашены области зарастания древесной (лесной) растительностью вне лесного фонда [65]

хозяйство и не осуществляются охранные и защитные мероприятия. Их структура и состав способствуют повышенной опасности возникновения лесных пожаров и неконтролируемому получению загрязненной лесной продукции [65].

Для обеспечения долговременной экологической устойчивости загрязненных территорий необходимо ориентировать ведение лесного хозяйства на формирование преимущественно радиационно безопасных насаждений. В зоне хвойно-широколиственных лесов к ним относятся сложные насаждения с высокой долей ценных лиственных пород, аналогичные коренным лесам, ранее существовавшим на этих территориях. Создание таких лесов возможно проводить как лесокультурными, так и лесохозяйственными методами. Начиная с 2016 года эта работа целенаправленно ведется в юго-западных районах Брянской области специалистами областного Управления лесами при участии ФБУ ВНИИЛМ и ФБУ «Рослесозащита».

В настоящее время, в соответствии с Лесным кодексом Российской Федерации, проведение радиационного обследования лесов, профилактических и реабилитационных мероприятий в загрязненных лесах отнесено к полномочиям органов государственной власти субъектов Российской Федерации. Централизованный сбор информации, анализ и прогноз ситуации по всем субъектам Российской Федерации, леса которых подверглись радиоактивному загрязнению, Лесным кодексом не предусмотрен. Это связано с тем, что организация и осуществление централизованного государственного мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации отнесены исключительно к полномочиям федеральных органов исполнительной власти, а все меры по обеспечению радиационной безопасности в лесах относятся к мероприятиям по ликвидации последствий аварий при использовании атомной энергии. Для устранения правовых коллизий между лесным и иным законодательством специалисты пред-

лагают закрепить в Лесном кодексе Российской Федерации ряд положений, предусматривающих осуществление на федеральном уровне государственного радиационного мониторинга лесов. При этом мониторинг может осуществляться силами подведомственных Рослесхозу учреждений. В настоящее время это научно-методическая лаборатория радиационного контроля ФБУ ВНИИЛМ и 11 производственных лабораторий радиационного контроля ФБУ «Рослесозащита».

4.5 Другие направления работ

4.5.1 Социально-психологическая реабилитация населения

Изменение условий проживания в сочетании с происходящими социально-экономическими преобразованиями в стране вызвали перемены не только в социальном и экономическом укладе территориальных общностей, но и в психологическом самочувствии людей. Обеспокоенность вредным действием радиации и негативные ожидания в отношении своего здоровья усугублялись введением различных санитарных ограничений, нарушением привычного уклада жизни, непоследовательностью информационной политики властей, потерей доверия к местным и центральным органам власти. К 1990 году вопрос о необходимости проведения социально-психологических исследований для решения выявленных проблем обсуждался на уровне Совета Министров СССР.

Принятый в 1991 году закон о социальной защите в несколько раз увеличил численность вовлеченного в послеаварийную ситуацию населения. Жители слабозагрязненных территорий восприняли социальные гарантии как убедительное подтверждение своих худших опасений в отношении последствий облучения для здоровья. Попытки российских ученых и специалистов скорректировать это восприятие противоречили управленческой парадигме того периода — материальная компенсация предоставляется только за радиационное воздействие. Созданные в 1993—1994 гг. в рамках программы «ЮНЕСКО-Чернобыль» центры социально-психологической реабилитации населения в пос. Никольская Слобода Брянской области, г. Болхов Орловской области и г. Узловая Тульской области в основном информировали жителей о предусмотренных законом социальных гарантиях и способах их реализации.

Через 10 лет после аварии, когда началось обсуждение перехода к дозовым критериям вмешательства, попытки правительства привязать выплаты из федерального бюджета к этим критериям натолкнулись на жесткий отпор со стороны населения и местных властей. Социальный конфликт на почве возмещения радиационного ущерба, по сути, отражал тяжелое социально-экономическое положение загрязненных территорий, усугублявшееся их инвестиционной непривлекательностью и патерналистскими настроениями. Сложившиеся в обществе представления о смертельной опасности радиации в любых дозах выступали дополнительным аргументом за сохранение прежней системы льгот и компенсаций.

В течение следующего десятилетия были реализованы меры по улучшению информационной работы с населением по вопросам радиационного риска. В рамках госпрограмм проводились социологические опросы в зонах загрязнения. По программе технической помощи ТАСИС Европейского Союза были реализованы несколько информационных проектов. Федеральные СМИ стали охотнее предоставлять голос профессионалам, оперирующим научными данными о действии радиации на здоровье. Вместе с тем, предпринятые усилия не изменили общественный консенсус относительно исключительной тяжести медицинских и экологических последствий аварии.

Через 20 лет после аварии мероприятия по информированию и социально-психологической реабилитации населения на загрязненных территориях стали неотъемлемой

частью федеральных программ и программ Союзного государства. В 2006—2015 годах была разработана концепция оказания психологической помощи пострадавшему населению, созданы и внедрены программно-технические комплексы для дистанционного консультирования граждан, системы электронных ресурсов для информирования населения и органов власти на радиоактивно загрязненных территориях, межведомственная информационная система по вопросам обеспечения радиационной безопасности населения и проблемам преодоления последствий радиационных аварий. Проведено большое количество семинаров, совещаний, конференций для разных целевых групп, реализовано несколько обучающих программ, нацеленных на стимулирование местных экономических инициатив и занятости населения.

В настоящее время жизнь на радиоактивно загрязненных территориях в основном вошла в нормальное русло. В то же время в глазах жителей этих территорий, как и всего населения страны, нанесенный радиацией вред здоровью остается неоспоримым фактом. Чернобыльские выплаты из бюджета сохраняются. И население, и региональные власти не сомневаются, что это компенсация за вред от радиации. Жители с предполагаемым дополнительным риском уже давно примирились, но экономическая сторона вопроса продолжает оставаться для них актуальной. Материальная компенсация — это постоянно действующая мера, и, естественно, жители радиоактивно загрязненных территорий хотят, чтобы она оставалась как можно дольше. Соответственно, каждый пересмотр границ зон загрязнения и перечней населенных пунктов на предмет их сокращения сопровождается ростом социальной напряженности.

4.5.2 Информационно-аналитическое обеспечение работ

Первые годы работ по преодолению последствий аварии продемонстрировали необходимость и сложность создания системы информационно-аналитического обеспечения работ. Уже в 1993 году основной объем данных был сосредоточен в Институте проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, который стал головной организацией по данному направлению работ. В последующий период информационная база данных постоянно расширялась, как по содержанию (загрязнение населенных пунктов и сельхозпродукции, информационные ресурсы по вопросам преодоления последствий радиационных аварий), так и по географическому охвату, в том числе с 1998 года — в рамках Союзного государства. Накопленные данные остаются востребованными в профессиональной и образовательной среде.

Сохранение и актуализация всего комплекса накопленных данных в будущем остается важной задачей. В последние годы она решалась силами ИБРАЭ РАН.

4.6 Краткое заключение

В Российской Федерации государственные программы по преодолению последствий аварии на Чернобыльской АЭС были основным инструментом планирования и реализации широкого комплекса работ на радиоактивно загрязненных территориях. По мере улучшения радиационной обстановки и выполнения намеченных задач приоритеты государственных программ менялись с постепенным переходом от большого объема реабилитационных мероприятий, обеспечивающих снижение дозовых нагрузок при проживании и ведении хозяйственной деятельности, к улучшению социальных условий и восстановлению нормальной жизнедеятельности. В отличие от установленных законодательством индивидуальных социальных гарантий, которые в период максимального охвата предоставлялись более 2,7 млн жителей, государственные программы были нацелены на реализацию мер коллективной защиты в наиболее загрязненных районах. Интенсивность и масштабность программных мероприятий определялись на основе принципа зонирования с учетом площади территорий и численности населения.

С первых лет в центре внимания государственных программ стояли вопросы организации эффективной системы медицинского обеспечения населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях. Это направление включало строительство объектов здравоохранения (больниц, поликлиник, консультативно-диагностических центров), поставку высокотехнологичного медицинского оборудования, дооснащение районных и областных медицинских учреждений. Особое внимание уделялось объектам детского медицинского профиля. В рамках программ десятки тысяч граждан получили высококвалифицированную помощь в специализированных учреждениях федерального и регионального уровня.

Защитные и реабилитационные мероприятия, с точки зрения предотвращения дополнительного облучения, были наиболее эффективны и экономически оправданы в первое десятилетие после аварии. Контрмеры, реализованные в сельском хозяйстве, обеспечили существенное снижение объемов производства сверхнормативно загрязненной продукции к началу 1990-х годов. В настоящее время потребность в проведении защитных мероприятий сохраняется только на локальных территориях в юго-западных районах Брянской области. В долговременном плане актуальными остаются вопросы лесопользования, связанные с частичным сохранением ограничений, продолжением радиационного обследования и контроля, проведением профилактических и реабилитационных мероприятий.

В 1990-е и 2000-е годы фокус государственных программ сместился в сторону улучшения общих условий проживания на радиоактивно загрязненных территориях. Наряду с объектами здравоохранения масштабные бюджетные средства были вложены в строительство школ и жилья, а также инфраструктурных объектов — дорог, газовых сетей, водопроводов. Данное направление носило выраженный социальный характер и успешно решало общие вопросы повышения качества жизни на загрязненных территориях.

Государственные программы предусматривали значительный объем мероприятий по сбору и анализу данных и информационно-аналитической поддержке работ на всех территориях. Накопленные данные, опыт и знания позволяют давать прогнозы радиационной обстановки на конкретных территориях, обеспечивать принятие уполномоченными органами решений по статусу населенных пунктов, возвращению земель в хозяйственный оборот, лесопользованию и др.

После завершения в 2015 году пятой государственной программы решение локальных вопросов было передано на уровень субъектов Российской Федерации. В то же время задачи, требующие централизованного управления и бюджетного финансирования, по-прежнему решаются на федеральном уровне.

Проблематика, связанная с зонированием территорий и предоставлением льгот и компенсаций, оставалась общественно значимой все эти годы и сегодня продолжает затрагивать более полутора миллионов жителей страны. С учетом научно обоснованных позиций, которыми руководствуется российское правительство, в зонировании необходимо перейти к использованию только одного критерия — дозового. В 2020 году дозовый критерий в 1 мЗв/год был превышен в 119 населенных пунктах Брянской области из 3855 населенных пунктов в 14 субъектах Российской Федерации. Тем не менее, в практической плоскости, когда речь шла о пересмотре границ зон загрязнения и перечней относящихся к ним населенных пунктов, выбор, в целях снижения социальной напряженности, делался в пользу обеспокоенного населения.

5

Переход к условиям нормальной жизнедеятельности

5.1 Критерии вывода населенных пунктов из зон загрязнения

Отнесение населенных пунктов к зонам радиоактивного загрязнения в настоящее время определяется двумя критериями — уровнем загрязнения почвы ^{137}Cs ($>1,0$ Ки/км²) и среднегодовой дозой облучения жителей населенного пункта (СГЭД₉₀ $>1,0$ мЗв). На начало 2020 года, в соответствии с перечнем 2015 года, в зонах загрязнения находились 3855 населенных пунктов в 14 субъектах Российской Федерации. Исходя из критерия загрязнения почвы, число населенных пунктов, которые могут быть отнесены к зонам загрязнения, составляет сегодня 2080, а по дозовому критерию — 119. Несоответствие статуса населенных пунктов сложившейся радиационной обстановке существует уже много лет (см. раздел 4.1). По мнению специалистов, существенное улучшение условий жизнедеятельности по радиационному фактору должно быть отражено и в нормативно-правовых документах.

Для выхода из этой ситуации требуются более четкие критерии окончания состояния радиационной аварии и перехода населенных пунктов к условиям нормальной жизнедеятельности. Специалисты ведущей научной организацией в области радиационно-гигиенического обеспечения ФБУН Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П. В. Рамзаева (СПбНИИРГ) предлагают считать:

- проживание в населенном пункте безопасным (в отношении техногенного облучения), если средняя годовая эффективная доза облучения критической группы населения не превышает 1,0 мЗв (СГЭД_{крит.} <1 мЗв);
- условия ведения хозяйственной деятельности нормальными, если содержание ^{137}Cs в традиционной сельскохозяйственной продукции, производимой без применения специальных мер на территории, относящейся к данному населенному пункту, не превышает соответствующих санитарных нормативов.

По оценкам СПбНИИРГ, на начало 2020 года из 3855 населенных пунктов, относящихся к зонам загрязнения, в 3687 условия для окончания состояния радиационной аварии и перехода к нормальной жизнедеятельности были выполнены. И только в 168 населенных пунктах, относящихся к зоне проживания с правом на отселение и зоне отселения, нужно продолжать работу по восстановлению хозяйственной деятельности, в том числе в 88 населенных пунктах обеспечить непревышение критерия безопасного проживания населения.

В целом в Российской Федерации в последние 15–20 лет наблюдается устойчивая тенденция к снижению доли загрязненной продукции и стабилизации радиационной ситуации в сельском хозяйстве. Превышение гигиенических нормативов может отмечаться в 11 хозяйствах в юго-западных районах Брянской области до 2025–2030 гг. Это связано с загрязнением кормов, содержание ^{137}Cs в которых может превышать ветеринарные допустимые уровни в 1,9–3,7 раза. Если в этих критических хозяйствах не

применять соответствующие контрмеры (коренное улучшение кормовых угодий и/или применение ферроцина), снижение загрязнения в продукции животноводства будет проходить в основном только за счет радиоактивного распада [66].

В современных социально-экономических условиях решение о проведении реабилитационных мероприятий принимается с учетом экономической и социально-психологической составляющей. В связи с этим для практической реализации перехода 168 населенных пунктов Брянской области к условиям нормальной жизнедеятельности специалисты СПБНИИРГ предлагают:

- создать условия для повышения рентабельности хозяйственной деятельности за счет введения налоговых льгот для местных предприятий, компенсации удорожания производства «чистой» сельскохозяйственной продукции за счет федерального и местных бюджетов, формирования государственного заказа на производимую сельскохозяйственную продукцию и т. д.;
- создать особые экономические зоны для привлечения инвесторов, стимулировать внедрение современных технологий выращивания и переработки сельскохозяйственной продукции, позволяющих получать нормативно чистую продукцию на загрязненных территориях;
- разработать для каждого населенного пункта программу перехода к нормальной жизнедеятельности с определением ожидаемой даты перехода (дата должна корректироваться по результатам текущего мониторинга не реже одного раза в 3—5 лет) и соответствующего комплекса мероприятий. Необходимо обеспечить участие жителей в подготовке, обсуждении и реализации программы.

После перехода населенных пунктов к условиям нормальной жизнедеятельности следует продолжать проведение радиационного мониторинга и определять годовые дозы техногенного облучения населения.

5.2 Проблемы возвращения в хозяйственное использование отчужденных земель

5.2.1 Сельскохозяйственные земли юго-западных районов Брянской области

Начиная с 1987 года в России из хозяйственного использования временно были выведены 17,1 тыс. га сельскохозяйственных угодий 23 хозяйств Гордеевского, Злынковского, Клинцовского, Красногорского и Новозыбковского районов Брянской области с уровнями загрязнения почвы выше 40 Ки/км². На территориях с плотностью загрязнения почвы выше 40 Ки/км² сельскохозяйственное производство было полностью прекращено [66].

Выведенные из землепользования угодья характеризуются неоднородностью по плотности загрязнения, разнообразием почвенного покрова и агрохимических характеристик почв, а также значительной территориальной раздробленностью (рис. 5.1).

Фундаментальными проблемами развития агропромышленного комплекса и производства экологически безопасной продукции и сырья в зонах радиоактивного загрязнения в России занимаются специалисты ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» (ВНИИРАЭ). По их данным отчуждение сельскохозяйственных угодий привело к таким последствиям, как снижение почвенного плодородия, ухудшение культуртехнического состояния, заболачивание и т. п. За время, прошедшее с момента отчуждения, произошло изменение видового состава растительности, идет активный процесс развития сорной растительности, степень зарастания кустарником и мелколесьем варьирует от 30 до 80% [22].

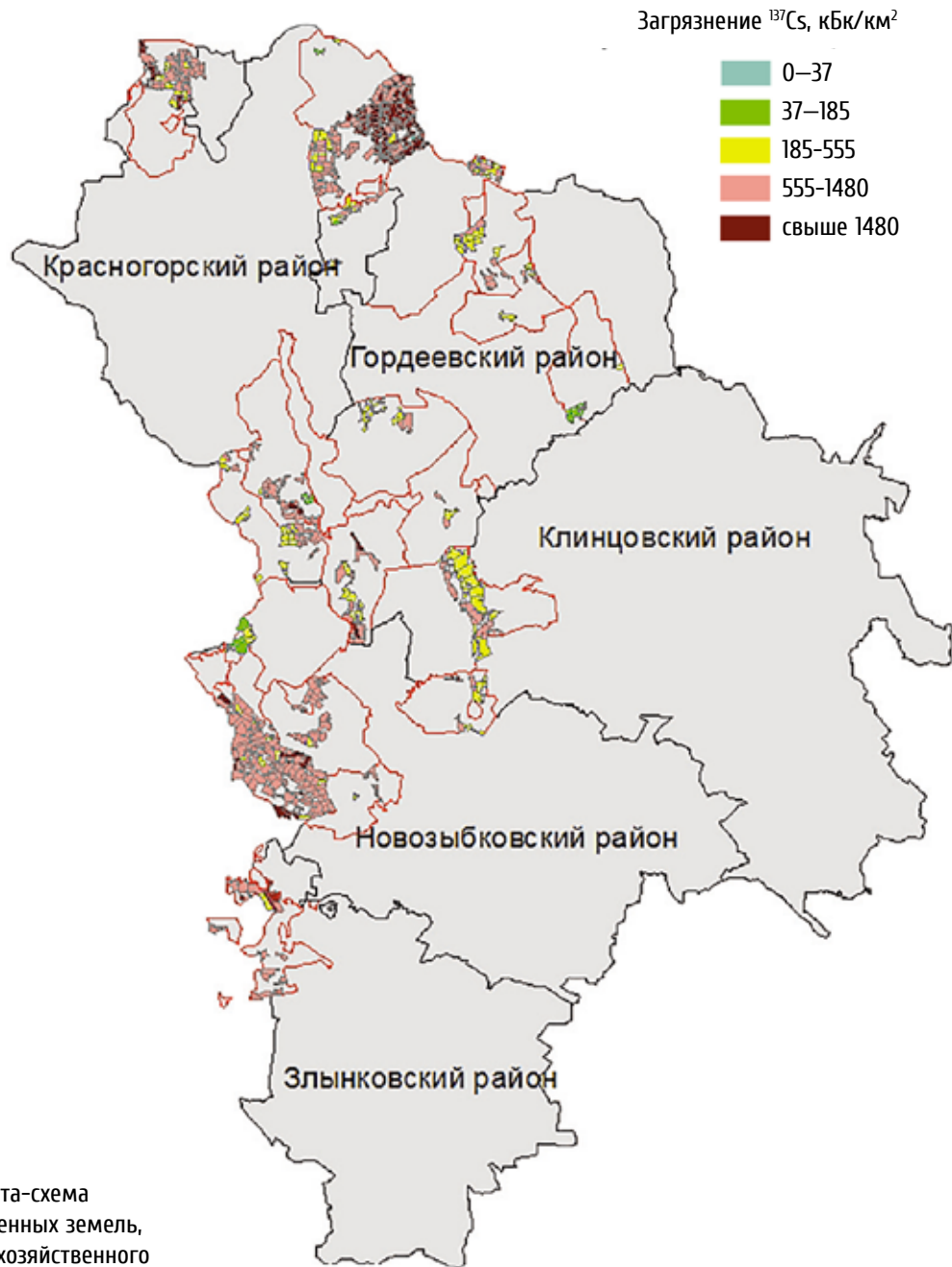


Рисунок 5.1. Карта-схема сельскохозяйственных земель, выведенных из хозяйственного использования [66]

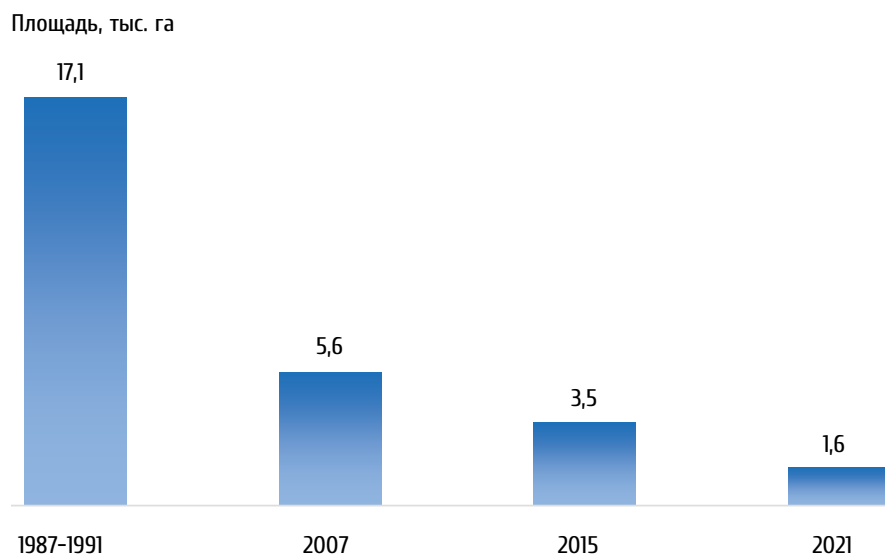


Рисунок 5.2. Динамика изменения площади земель с плотностью загрязнения ^{137}Cs свыше 40 Ки/км²

По данным ВНИИРАЭ в настоящее время отчужденные земли можно подразделить по характеру использования на следующие виды:

- участки молодого леса (залесение бывших угодий);
- пашня (земли не были выведены из оборота или выводились на короткий период);
- окультуренные пастбища и сенокосы (проведено коренное улучшение после снижения плотности загрязнения);
- залежи (идет процесс восстановления видового состава травостоя естественных лугов);
- участки естественных суходольных и пойменных лугов.

При возвращении в оборот угодий, временно выведенных из землепользования, значительный объем работ приходится на подготовительные мероприятия — расчистку земель от древесной и кустарниковой растительности, срезку и разделку кочек, уничтожение ненужных канав и траншей и планировку местности. Состав, способы и стоимость проведения подготовительных культуртехнических мероприятий определяются состоянием залежи, сенокосов и пастбищ. Для выполнения культуртехнических работ необходимо детальное обследование состояния поверхности каждого участка.

При проведении мероприятий по улучшению сенокосов и пастбищ обязательным является восстановление истории угодий. Это связано с опасностью извлечения сильнозагрязненного слоя почвы, если в первый период после аварии проводилась глубокая вспашка с оборотом пласта. Восстановление информации представляет достаточно сложную задачу, особенно для тех хозяйств, которые ликвидированы как юридическое лицо. По большинству хозяйств сведения о характере и сроках проведения защитных мероприятий отсутствуют.

Часть земель, несмотря на их статус выведенных из оборота, в настоящее время используется в хозяйственной практике. Степень использования зависит от их доли в общей площади хозяйства, а также от расположения по отношению к территориям, где не прекращалась хозяйственная деятельность. В хозяйствах, угодья которых практически полностью выведены из землепользования, а население выселено, доля используемых земель невелика. В том случае, когда хозяйства сохранены как административно-хозяйственные единицы, выведенные из землепользования отдельные участки используются, как правило, для производства зерна, а также как сенокосы и пастбища для откорма молодняка. В большинстве случаев имеет место несанкционированное использование таких земель.

В последнее время наметилась тенденция возвращения в оборот отчужденных территорий по запросу сельскохозяйственных предприятий различных форм собственности. Однако этот процесс затрудняется тем, что:

- на этих территориях уничтожена инфраструктура (электроснабжение, дороги, мелиоративные системы и т. п.);
- на бывших сельскохозяйственных угодьях происходит естественное залесение, повторное заболачивание, деградация почвенного плодородия и т. д.;
- в рыночной экономике отсутствует экономическая и социальная потребность в масштабном использовании отчужденных земель (за исключением особо привлекательных);
- общественное мнение настороженно относится к попыткам использования отчужденных территорий для производства потребительской продукции и тем более к возвращению туда населения.

По мнению специалистов ВНИИРАЭ принятие решений о восстановлении хозяйственного использования отчужденных земель должно включать оценку радиационной обстановки и необходимости проведения реабилитационных мероприятий, прогнозирование их эффективности для обеспечения производства продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим и ветеринарным требованиям. К обсуждению вопроса о возможности возврата в хозяйственное пользование территорий должны привлекаться как органы региональной и местной власти, субъекты хозяйствования, так и население. Процесс реабилитации и возврата в хозяйственное использование отчужденных земель должен сопровождаться широким информированием заинтересованных сторон [67].

5.2.2 Леса юго-западных районов Брянской области

Наибольшие площади и наиболее высокие плотности радиоактивного загрязнения лесов (выше 15 Ки/км²) сосредоточены на юго-западе Брянской области в Гордеевском, Злынковском, Красногорском и Новозыбковском районах. На этих территориях запрещены все виды лесопользования, заготовки сена, дикорастущих плодов, ягод, грибов, лекарственного и технического сырья, охота, рыбная ловля, неорганизованный туризм и т. д.

По состоянию на 2018 год леса с плотностью загрязнения почвы выше 40 Ки/км² остались в Красногорском и Новозыбковском районах, за прошедшие 30 лет их площади в силу естественных процессов уменьшились в Красногорском районе в 2,3 раза, в Новозыбковском районе — в 77 раз.

Научным обеспечением деятельности в области лесных отношений и нормативно-правовым регулированием в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в зонах загрязнения в России занимаются специалисты ФБУ «**Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства**» (ВНИИЛМ). По их оценкам, участки с плотностью загрязнения выше 40 Ки/км² через 60 лет после аварии останутся только в лесах Красногорского района [65].

На состояние лесов на загрязненных территориях влияет ряд неблагоприятных факторов. Из-за ограничений на проведение сплошных санитарных рубок на отчужденных лесных территориях своевременно не ликвидируются очаги развития болезней и вредителей леса, это приводит к увеличению площади усыхающих насаждений. Избыточное количество лесных горючих материалов в пожароопасных мертвопокровных типах леса ведет к снижению противопожарной устойчивости лесных участков с высокими уровнями радиоактивного загрязнения. Пожары в таких лесах представляют опасность как для лиц, занятых в их тушении, так и для жителей близлежащих населенных пунктов.

К приоритетным направлениям реабилитации сильнозагрязненных лесов, помимо защиты от пожаров, специалисты ВНИИЛМ относят [65]:

- максимальное снижение доз облучения для населения и работающих на загрязненной территории, получаемых от использования продукции лесного хозяйства с учетом экономических и социальных факторов;
- получение максимально возможного объема продукции с допустимым уровнем содержания радионуклидов при минимальных трудозатратах.

5.3 Краткое заключение

1. Спустя 35 лет после аварии на подавляющем большинстве территорий, отнесенных законодательством к зонам загрязнения, проживание населения и ведение хозяйственной деятельности могут осуществляться без каких-либо ограничений по радиационному фактору. Отсутствие таких ограничений должно быть окончательно закреплено через снятие с указанных территорий статуса зон радиоактивного загрязнения.
2. Специальные меры остаются необходимыми в 11 хозяйствах юго-западных районов Брянской области, где наблюдается превышение гигиенических нормативов в продукции животноводства. Без применения таких мер производство сверхнормативно загрязненного молока и молочных продуктов может отмечаться до 2025—2030 гг.
3. Возврат в хозяйственное использование отчужденных земель может осуществляться постепенно при наличии соответствующего запроса со стороны хозяйствующих субъектов и при должном ведении радиационного контроля при их использовании. Опыт проведения защитных и реабилитационных мероприятий в сельском хозяйстве позволяет обеспечить производство нормативно чистой продукции.
4. Радиологических проблемы в лесах имеют более долгосрочный характер. Для снижения негативного воздействия лесов с высокими уровнями радиоактивного загрязнения на окружающие территории и население и улучшения экологической ситуации необходимо продолжить проведение специальных мероприятий в лесном фонде, направленных на предотвращение выноса радиоактивных веществ на прилегающие территории и улучшение санитарного состояния лесов.

6

Уроки Чернобыля

6.1 Уроки для атомной отрасли

В СССР и позже в России авария на Чернобыльской АЭС была воспринята очень серьезно на всех уровнях управления атомной отраслью. Последовавшие за этим длительные и системные усилия привели к устойчивым изменениям в отношении специалистов к ядерной и радиационной безопасности при размещении, проектировании, сооружении, эксплуатации и выводе из эксплуатации объектов ядерной техники.

6.1.1 Эволюция подходов к обеспечению безопасности в атомной энергетике

Основные концептуальные положения об обеспечении ядерной безопасности АЭС закладывались в 1960—1970 годах на начальном этапе развития промышленных энергетических реакторов. При принятии решений по безопасности использовался инженерный подход, для которого характерны:

- консерватизм, с помощью которого компенсировалась нехватка знаний, неполнота баз экспериментальных данных и вынужденное упрощение расчетных моделей;
- детерминизм, позволявший при анализе аварийных ситуаций рассматривать только часть исходных событий и сценариев их развития на основе накопленного опыта и инженерной интуиции;
- высокие требования к квалификации управленческого и эксплуатационного персонала, который рекомендовалось набирать из выпускников университетов и инженеров-физиков, имеющих знания в области ядерной физики.

Такой подход давал положительные результаты в условиях нормальной эксплуатации и при локализации последствий так называемых «проектных» аварий. Иная ситуация складывалась в отношении «запроектных» аварий, вероятность которых явно недооценивалась. Отечественная база знаний о процессах, протекающих при тяжелых авариях, отсутствовала. В силу оторванности советской ядерной энергетики от мировой, которая развивалась в условиях конкуренции и обмена опытом, представления разработчиков о безопасности советских реакторов оказались явно завышенными.

Эта опасная ситуация могла быть со временем преодолена, определенные шаги в этом направлении были сделаны незадолго до аварии на ЧАЭС. Так, в 1984 г. надзор за ядерной безопасностью был передан из Минсредмаша в специальный надзорный орган, в 1985 г. заинтересованные ведомства утвердили единый перечень нормативно-технических документов по безопасности в области атомной энергетики. Но полноценного взаимодействия науки, органов управления и регулирования безопасности и эксплуатирующих организаций не было. В частности, в конце 1983 года в адрес Минсредма-

ша СССР и организацию главного конструктора было отправлено письмо специалистов Курчатовского института (В. А. Сидоренко). Причиной письма стали эффекты положительной реактивности, которые наблюдались на ректорах данного типа, в том числе на Ленинградской АЭС в 1975 году, на 1-м блоке Чернобыльской АЭС в 1982 году и на Игналинской АЭС в 1983 году при вводе стержней аварийной защиты в активную зону реакторов типа РБМК. Письмо завершалось рекомендациями по изменению конструкции регулирующих стержней и введению в эксплуатационные регламенты ограничений по числу стержней, полностью извлеченных из активной зоны. В ответе организации главного конструктора отмечалось, что такая ситуация крайне маловероятна, но тем не менее она будет проанализирована в Программах НИОКР 1987 года. Соответствующие ограничения в регламенты работы были включены. Нарушение этих ограничений, воспринятых эксплуатационным персоналом и инспектором атомного надзора как второстепенные, и стало физической причиной ядерной аварии.

К моменту аварии работа над единым перечнем продолжалась, на верхнем уровне управления атомными станциями не было четкого разграничения ответственности за обеспечение их безопасности, система действовавших норм и правил была недостаточно проработанной как по охвату, так и по глубине. Реальная безопасность АЭС не соответствовала даже отечественным нормативным документам. Незадолго до аварии все атомные станции кроме одной, Ленинградской, были переданы в ведение Главатомэнерго в составе Минэнерго СССР. Изменение кадрового состава негативно отразилось на дисциплине работников, которая в Минсредмаше была железной по определению.

После аварии 26 апреля 1986 года советские специалисты проанализировали наиболее опасные нарушения режима эксплуатации, совершенные персоналом четвертого блока ЧАЭС, и уже в августе 1986 года доложили на совещании МАГАТЭ [68], что причины аварии лежали и в особенностях конструкции реакторной установки, и в организации функционирования атомной энергетики СССР, главным образом, в части государственного управления и регулирования безопасности при использовании атомной энергии.

В первые пять лет после аварии основные усилия были направлены на:

- восстановление безопасного состояния объектов Чернобыльской АЭС и 30-километровой зоны, включая создание объекта «Укрытие» (см. главу 1). Кроме того, была проведена ревизия состояния ядерной безопасности на реакторных установках СССР всех типов. Эксплуатация некоторых энергоблоков была прекращена, в том числе первого и второго блоков Нововоронежской АЭС и второго блока Белоярской АЭС. В других случаях предпринимались меры по устранению условий, при которых тяжелая авария могла повториться;
- совершенствование нормативной базы: в 1987 году были утверждены сводный перечень и план разработки правил и норм в области ядерной энергетики, включавший 173 документа по проектированию, сооружению и эксплуатации объектов ядерной энергетики, изготовлению важного для безопасности оборудования этих объектов, защите персонала, населения и окружающей среды от радиационного воздействия;
- углубленный и всесторонний научный анализ причин и последствий аварии и общих вопросов безопасности объектов энергетики, в том числе за счет привлечения к этой работе новых научных организаций (Институт проблем безопасного развития атомной энергетики в структуре АН СССР и Научно-технический центр ядерной и радиационной безопасности в структуре Госатомнадзора СССР);
- расширение и углубление международного сотрудничества. В 1988 году Международная консультативная группа по ядерной безопасности (INSAG) при Генеральном директоре МАГАТЭ сформулировала стратегии безопасности объектов ядерной

энергетики [80]. На основе новой стратегии была подготовлена серия документов МАГАТЭ. Российские специалисты активно участвовали в этой работе. Соответственно все основные требования новых документов МАГАТЭ нашли отражение в отечественных нормах, а по отдельным направлениям содержали не только более детальные и конкретные, но и более жесткие требования.

Переход к новой концепции безопасности стал главным уроком Чернобыля для мировой и российской атомной энергетики. Концепция базировалась на фундаментальных принципах безопасности трех типов:

- принципы управления — создание культуры безопасности, ответственность эксплуатирующей организации и обеспечение регулирующего контроля и проверки деятельности, связанной с безопасностью;
- принцип «глубокоэшелонированной защиты» и два производных от него принципа — предотвращения аварий и смягчения последствий аварий;
- основные технические принципы — применение апробированных инженерно-технических решений, обеспечение качества во всех видах деятельности на АЭС, самооценка, независимые экспертные рассмотрения, учет человеческого фактора, оценка и проверка безопасности, радиационная защита, обмен опытом эксплуатации и результатами научных исследований.

Новая концепция не ограничивается рассмотрением проектных аварий и постулированных исходных событий, а включает рассмотрение запроектных аварий с возможным тяжелым повреждением активной зоны вплоть до ее полного расплавления. Для запроектных аварий обязательно оценивается соответствие не только детерминистским, но и вероятностным критериям безопасности:

- индивидуум не должен подвергаться значительному дополнительному риску;
- общество в целом не должно подвергаться такому риску;
- риск от объектов ядерной энергетики не может превышать риск конкурирующей технологии;
- никакая единичная категория исходных событий не должна доминировать в вероятности тяжелой аварии;
- никакая единичная система безопасности не должна существенно влиять на вероятность разрушения активной зоны.

Кроме того, определены и нормативно закреплены целевые ориентиры, к которым следует стремиться при проектировании АЭС:

- вероятность тяжелого повреждения или расплавления активной зоны менее 10^{-5} случаев на реактор в год;
- оцененная вероятность предельного аварийного выброса радиоактивных продуктов за пределы объекта менее 10^{-7} случаев на реактор в год.

Наряду с этими целевыми ориентирами были введены детерминистские критерии безопасности, в том числе по наличию у реактора свойства внутренней самозащитности. Требование о разработке специальных дополнительных средств для управления авариями могло быть снято только в том случае, если на основе свойств внутренней самозащитности и принципов устройства реактора запроектные аварии с тяжелым повреждением или расплавлением активной зоны могли быть доказательно исключены.

6.1.2 Меры по повышению безопасности российских АЭС

Реакторы типа РБМК. Реакторы канального типа имели ряд неоспоримых преимуществ перед другими конструкциями. Такие реакторы строились только в СССР. Это было самостоятельное направление в реакторной технике, что объясняло ограниченность научной и практической базы для объективного анализа и обоснования безопасности АЭС с РБМК.

Авария на ЧАЭС поставила в качестве первоочередной задачу минимизации недостатков конструкции, которые наиболее существенно повлияли на развитие аварии и ее масштабы. Это — положительный коэффициент паровой реактивности и соответствующий положительный эффект реактивности при обезвреживании активной зоны, несовершенство конструкции аварийной защиты.

Корректирующие мероприятия проводились на всех реакторных установках данного типа, исчерпывающий перечень мер по повышению безопасности российских реакторов РБМК-1000 представлен в журнале Концерна Росэнергоатом за 2016 год. Период реализации срочных мер завершился в 1993—1994 гг. проведением международной экспертизы (под руководством ИБРАЭ и GRS) с углубленной оценкой безопасности 1-го блока Курской АЭС. В результате экспертизы было получено заключение, что уровень безопасности 1-го блока Курской АЭС с реактором РБМК соответствует уровню безопасности западных станций тех же лет постройки, что позволило продолжить эксплуатацию установок данного типа.

В дальнейшем в отношении каждого энергоблока с реакторами РБМК проводился фундаментальный анализ безопасности для обоснования решений по продлению срока эксплуатации сверх первоначально установленного срока (30 лет) на 15 летний период. В 2018 году и 2020 году по завершении этого дополнительного срока были окончательно остановлены 1-й и 2-й энергоблоки Ленинградской АЭС. В настоящее время 9 энергоблоков с реакторами РБМК-1000 эксплуатируются в обоснованных (в том числе по результатам модернизаций) сроках. Сооружение новых реакторных установок подобного типа не планируется [70].

Реакторы типа ВВЭР. По реакторам ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 ситуация была не столь остра. Характерный для этого типа реакторов отрицательный температурный коэффициент реактивности теплоносителя предопределял их высокую стабильность и саморегулируемость. Тем не менее, и по ним имелась возможность скомпенсировать имевшийся в прошлом недостаточный уровень научно-технического обеспечения безопасности, в том числе за счет привлечения мирового опыта.

Проекты энергоблоков с ВВЭР-440 (энергоблоки 1—4 Новоронежской АЭС и 1—4 Кольской АЭС) не в полной мере соответствовали требованиям безопасности по многим параметрам. В том числе, на них отсутствовала полноценная защитная оболочка; имелись трудности с радиационным охрупчиванием корпуса реактора.

Проведение полной реконструкции этих энергоблоков для доведения уровня их безопасности до современных требований не представлялось возможным при экономически целесообразных затратах. Для предотвращения аварий чернобыльского масштаба были приняты меры по улучшению контроля за состоянием металла трубопроводов большого диаметра и корпуса реактора. По многим компонентам были предложены конструктивные и технологические изменения, кроме того, были разработаны меры по уменьшению вероятности попадания относительно холодной воды на корпус реактора и снижению флюенса нейтронов.

В ряде случаев проекты энергоблоков с ВВЭР-440 получали сильное развитие, в том числе по защите от землетрясений (Армянская АЭС), по системам локализации (защитная оболочка на финской АЭС «Ловиса») и др. В настоящее время энергоблоки с реак-

торами ВВЭР-440 надежно эксплуатируются в России на Кольской и Нововоронежской АЭС. В 2019 году на Кольской станции успешно завершилась масштабная модернизация энергоблоков первой очереди, позволившая на порядок повысить уровень их безопасности и продлить срок эксплуатации до 2033 и 2034 гг. На Нововоронежской АЭС энергоблок № 2 был окончательно остановлен в 1990 году, а № 3 — в 2016 году. Энергоблок № 4 находится в эксплуатации.

Проект ВВЭР-1000. Авария на Чернобыльской АЭС заставила еще раз обратиться к способности активной зоны реактора ВВЭР-1000 предотвращать повреждение ядерного топлива за счет внутренних защитных свойств и достаточности мер по обеспечению безопасности населения при аварии с расплавлением активной зоны, если она все-таки произойдет. В качестве дополнительных мер по локализации радионуклидов в пределах герметичных помещений в случае тяжелой аварии в новых проектах ВВЭР были предложены

- устройство специальной конструкции для удержания расплавленной массы топлива;
- организованный отвод паровоздушной среды, загрязненной радиоактивными элементами, из-под защитной оболочки через специальные фильтры;
- организация сжигания водорода под оболочкой или постоянная принудительная вентиляция герметичного объема оболочки с удалением взрывоопасных газов.

По всем этим направлениям были получены, в том числе в рамках международной кооперации, положительные результаты, которые в настоящее время реализуются в проектах новых АЭС. Так, в результате работ РНЦ «Курчатовский институт», НИТИ им. Александрова, СПб АЭП, ИБРАЭ РАН, НПО «Луч» и конструкторских организаций «Росэнергоатома» на Тяньваньской АЭС с ВВЭР-1000 (Китай) впервые была реализована концепция долговременного удержания расплава активной зоны в ограниченном объеме шахты реактора — создано устройство локализации расплава. В настоящее время подобными системами оборудуются все новые АЭС России. Созданные фильтрующие системы не уступают зарубежным аналогам, а рекомбинаторы водорода стали неотъемлемой частью систем безопасности реакторов.

6.1.3 Интеграция мирового опыта в российскую практику

Для реализации необходимого комплекса работ требовался доступ к накопленному мировому опыту и знаниям, их освоение, выявление различий материалов и процессов, «белых пятен», соответствующих точек общего интереса и создание единой базы данных о процессах и физических свойствах материалов ядерных реакторов и полного комплекса детальных расчетных кодов. Для достижения этих стратегических целей были применены практически все возможные организационные формы проведения работ: участие в действующих международных программах и инициирование новых; привлечение зарубежных инвестиций для исследований, проводимых в России и представляющих взаимный интерес.

В сжатые сроки было налажено взаимовыгодное сотрудничество с Министерством энергетики США (DOE), Комиссией по ядерному регулированию США (NRC) и ведущими западными исследовательскими организациями: IPSN (Франция), GRS (Германия), JRC (Испра, Италия), JAERI (Япония) и др.

Соглашение с Комиссией по ядерному регулированию США предполагало участие в международных программах по теплогидравлике (ICAP) и тяжелым авариям (CSARP), что обеспечило доступ к базам данных и расчетному инструментарию. Участие в международной программе ACE при ведущей роли EPRI (исследовательский центр эксплуатирующих организаций США) дало доступ к базам экспериментальных данных по тяжелым авариям.

Взаимодействие с NEA OECD обеспечило возможность российского участия в Международных стандартных проблемах (ISP). Это позволило, используя западные реперные эксперименты, провести верификацию расчетных кодов и проверить профессионализм российских пользователей расчетных программ в сравнении с западными участниками («эффект пользователя»). Работы по некоторым ISP были организованы по инициативе России на базе российских экспериментов.

В этот период удалось организовать проведение необходимых для нашей страны исследований на зарубежных экспериментальных установках, в том числе в США (испытания российской фильтрующей системы и шести западных аналогов, исследования характеристик взаимодействия расплава с бетоном, используемым в российских проектах). Подобные исследования также были проведены на установках ACE в Аргоннской национальной лаборатории (США) и ВЕТА в исследовательском центре FZK (Германия). На базе FZK были также проведены испытания сборок тепловыделяющих элементов ВВЭР в условиях тяжелой аварии с потерей теплоносителя на установке CORA, а также элементов фильтрующей системы на установке «Тайфун». На установке HDR (Германия) были проведены эксперименты по исследованию распространения водорода в помещениях защитной оболочки.

В 1990–2000 гг. удалось привлечь крупные инвестиции для проведения в России исследований по следующим темам:

- процессы горения и детонации водорода на установках РНЦ «Курчатовский институт» КОПЕР и РУТ (участники — США, Германия и Франция);
- взаимодействие расплава активной зоны с корпусом реактора в рамках программ РАСПЛАВ и МАСКА (под эгидой NEA OECD);
- поведение твэлов с высоким выгоранием в авариях с резким возрастанием реактивности и в авариях с потерей охлаждения (участники — США и Франция);
- разработка моделей и расчетных кодов по тяжелым авариям (участники — США, Франция, Германия и ряд стран OECD).

Активную роль в этих исследованиях наряду с Курчатовским институтом и другими предприятиями отрасли играл Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, возглавивший расчетно-теоретические исследования.

Результаты проведенных работ позволили обосновать применимость мировой базы знаний тяжелых авариях к условиям российских АЭС и пополнить ее новыми данными, полученными в ходе российских исследований. В результате современная методология управления безопасностью основана на мировом опыте эксплуатации объектов ядерной энергетики, который составляет более 10000 реакторо-лет, и базах знаний о процессах и надежности оборудования с учетом человеческого фактора. Применяемые на настоящий момент подходы и принципы безопасности удовлетворяют требованиям безопасности как при продлении срока эксплуатации действующих АЭС, так и при разработке новых проектов.

6.1.4 Совершенствование государственного управления и регулирования безопасности в области использования атомной энергии

После аварии на ЧАЭС изменились подходы в области государственного управления и регулирования безопасности.

В 1995 году вступил в силу Федеральный закон «Об использовании атомной энергии», который лег в основу национальной системы государственного управления и государственного регулирования. В 1998 году Россия ратифицировала конвенцию «О ядерной безопасности» и начала представлять регулярные национальные доклады на эту тему, в

которых обосновывается приверженность принципам обеспечения ядерной безопасности и наличие необходимых ресурсов для обеспечения функционирования независимого органа государственного регулирования безопасности. В 2005 году была ратифицирована международная Объединенная конвенция «О безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами». В 2011 году вступил в силу Федеральный закон «Об обращении с радиоактивными отходами». В настоящее время нормативно-правовая база в данной области, включающая помимо указанных законов акты Правительства России, федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии и руководства по безопасности, в основном сформирована. Основной объем работ в области регулирования безопасности при использовании атомной энергии в мирных целях осуществляет Ростехнадзор.

За прошедшие годы создана эффективная и устойчивая система государственного управления использованием атомной энергии, в которой ключевая роль отведена Государственной корпорации «Росатом». Полномочия и ответственность Госкорпорации определены специальным федеральным законом «О государственной корпорации по атомной энергии». Созданный в 1992 году концерн «Росэнергоатом»¹⁰ консолидировал управление всеми АЭС России и работами по обеспечению их безопасности, в том числе в сфере культуры безопасности. С 1997 года в концерне действует Кризисный центр, который обеспечивает постоянный контроль параметров безопасности всех энергоблоков АЭС, с 2000 года действует Ситуационный кризисный центр Минатома России. Создание этой структуры совместно с Центром управления кризисными ситуациями МЧС России ознаменовало принципиальное изменение системы аварийного реагирования.

6.1.5 Обеспечение ядерной и радиационной безопасности в России

На состояние радиационной безопасности населения и окружающей среды могут влиять не только атомные станции, но и большое количество объектов ядерного топливного цикла, а также накопленные в прошлом проблемы [71], в том числе в связи с использованием атомной энергии в оборонных целях. Авария на ЧАЭС обострила восприятие этих проблем обществом, но, в силу тяжелого экономического положения, страна смогла заняться их решением только на рубеже 2000-х годов.

В 1998 году Правительством России Минатому России были поручены работы по комплексной утилизации выведенных из состава Военно-морского флота атомных подводных лодок и надводных кораблей и реабилитации береговых технических баз. После этого решения начали реализовываться крупные программы в этой области, которые позже были подкреплены финансовыми средствами по программам международной помощи в рамках глобального сотрудничества [71].

В 2008 году началась реализация Федеральной целевой программы по обеспечению ядерной и радиационной безопасности. За период 2008—2020 гг.

- из эксплуатации были выведены 88 ядерно и радиационно опасных объектов, включая ПУГР ЭИ-2 и объекты в густонаселенных районах г. Москвы;
- переведены в безопасное состояние бывшие приповерхностные хранилища жидких радиоактивных отходов, в том числе самый опасный водоем-хранилище В-9 (озеро Карачай, Челябинская обл.), а также водоемы-хранилища Б-1, Б-2, Б-25 (АО «СХК») и 354 (ФГУП «ГХК»);
- выполнены полностью или частично работы по консервации пунктов хранения на СХК (ПХ-1 и ПХ-2), хвостохранилищ на ЧМЗ;
- реабилитировано около 3 млн м² загрязненных территорий, включая все территории, на которых проводились мирные ядерные взрывы;

¹⁰ В настоящее время АО Росэнергоатом является дочерним зависимым обществом Госкорпорации «Росатом».

- создано крупное централизованное хранилище ОЯТ реакторов РБМК-1000 и ВВЭР-1000 и обеспечивается планомерный вывоз в него ОТВС;
- начаты работы по созданию подземной исследовательской лаборатории в целях обоснования безопасности геологического захоронения радиоактивных отходов;
- введен в эксплуатацию первый в России пункт захоронения РАО 3 и 4 классов, проводятся работы по сооружению еще двух аналогичных ПЗРО.

6.1.6 Краткое заключение

1. К числу главных стратегических просчетов в развитии атомной энергетики в СССР следует отнести завышенную оценку достигнутого к 1970-м годам уровня безопасности АЭС. У руководства атомной отрасли и руководителей государства сложилась уверенность в невозможности тяжелых аварий на атомных реакторах советского дизайна. Аварии на советских АЭС случались, но всегда обходились без значимых радиологических последствий и оставались внутриведомственным делом. Уроки аварии 1979 года на американской АЭС «Три-Майл-Айленд» в СССР, в отличие от ядерных стран Запада, практически были проигнорированы. За это пришлось заплатить дорогую цену.
2. Чернобыльская авария повлияла на последующее развитие атомной энергетики во всех странах. Главным уроком стал переход к новой концепции безопасности. На всех российских станциях были проведены дополнительные исследования возможных аварийных ситуаций и путей их преодоления, проведена соответствующая модернизация систем безопасности.
3. В соответствии с концепцией глубокоэшелонированной защиты, значительные усилия были направлены на развитие технических систем безопасности и локализации тяжелых аварий на реакторных установках АЭС. Чернобыль заставил осознать приоритет безопасности и необходимость овладения знаниями о процессах, происходящих при тяжелых авариях на АЭС.
4. Современная методология управления безопасностью основана на мировом опыте эксплуатации объектов ядерной энергетики, который составляет более 10000 реакторо-лет, и базах знаний о процессах и надежности оборудования с учетом человеческого фактора. Применяемые в настоящий момент подходы и принципы безопасности удовлетворяют требованиям безопасности как при продлении срока эксплуатации действующих АЭС, так и при разработке новых проектов.
5. В наибольшей степени технические уроки аварии на ЧАЭС и аварии 2011 года на японской АЭС «Фукусима-Дайичи» были учтены в российских проектах АЭС третьего поколения. Эти реакторы будут составлять важную часть атомной энергетики на протяжении всего 21-го века. В настоящее время такие установки эксплуатируются и сооружаются на Ленинградской АЭС-2, Нововоронежской АЭС-2, Курской АЭС-2, Белорусской АЭС и в большом количестве зарубежных стран.
6. После аварии на ЧАЭС изменились подходы в области государственного управления и регулирования безопасности. Создана эффективная и устойчивая система государственного управления использованием атомной энергии, в которой ключевая роль отведена Государственной корпорации «Росатом». Созданная после аварии на ЧАЭС отраслевая система аварийного реагирования является ключевым элементом Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). Сегодня на качественно ином уровне находится безопасность не только российских АЭС, но и других объектов ядерного топливного цикла. По-новому решаются и ранее накопленные проблемы ядерного наследия.

6.2 Уроки для аварийного реагирования

6.2.1 Создание современной системы аварийного реагирования

Авария на ЧАЭС показала со всей очевидностью, что необходимо иметь эффективную систему аварийного реагирования на случай радиационных аварий. Соответствующие задачи были поставлены на государственном уровне уже в 1987 году, но в практическую плоскость они перешли только в 1990-х годах.

В начале 1994 года был принят федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», который стал законодательной основой Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). Руководство РСЧС было возложено на МЧС России. Для повседневного управления аварийными силами и средствами в МЧС был создан Центр управления в кризисных ситуациях (ЦУКС). С 1997 года ЦУКС подключил к оперативной научной поддержке ИБРАЭ РАН. В этот же период были налажены надежные связи ЦУКС с Кризисным центром Концерна «Росэнергоатом» и его центрами научно-технической поддержки на базе научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций. С конца 1999 года управление отраслевыми силами было переключено на вновь созданный Ситуационно-кризисный центр Росатома. Он стал координировать действия Кризисного центра Концерна «Росэнергоатом», специализированных аварийно-технических центров и аварийно-спасательных формирований, локальных кризисных центров, информационных и кризисных центров других отраслевых систем реагирования. Это Аварийный медицинский радиационно-дозиметрический центр ФМБА России, Центр научно-технической поддержки ИБРАЭ РАН, Федеральный информационно-аналитический центр Росгидромета, а также дежурно-диспетчерские службы других федеральных органов исполнительной власти. Стало обязательным постоянное информационное взаимодействие с национальными уполномоченными органами зарубежных стран и аварийно-кризисным центром МАГАТЭ [72].

Заложенные на начальном этапе принципы обеспечения готовности ОСЧС — наличие у предприятий необходимых сил, средств и ресурсов, готовность систем управления и связи, наличие навыков у руководящего, командно-начальствующего состава, работников и специалистов предприятий, регулярные проверки готовности всех элементов системы, плановые учения и тренировки — сохраняют свою актуальность до настоящего времени.

6.2.2 Современное состояние системы аварийной готовности

В настоящее время РСЧС состоит из функциональных и территориальных подсистем, действует на федеральном, межрегиональном, региональном, муниципальном и объектовом уровнях и охватывает все регионы России. Органом повседневного управления РСЧС является Национальный центр управления кризисными ситуациями МЧС России. Функциональные подсистемы мониторинга и реагирования, входящие в состав РСЧС, ориентированы на решение ведомственных задач. Координация принятия решений и управление реагированием на федеральном уровне осуществляет Правительственная комиссия на базе Национального кризисного центра (НЦУКС) МЧС России. МЧС России организует взаимодействие и координацию деятельности сил и средств органов исполнительной власти, местного самоуправления и организаций при ликвидации последствий аварий на АЭС и оперативном управлении за пределами АЭС, подготовку и использование аварийно-спасательных подразделений для оперативной локализации последствий чрезвычайных ситуаций.

Ведущая роль в организации медицинского реагирования на ЧС радиационного характера принадлежит МЧС России, ФМБА России и Госкорпорации «Росатом», которые реа-

лизуют свои задачи через функциональные подсистемы Всероссийской службы медицины катастроф (ВСМК) и медико-санитарной помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях в организациях (на объектах), находящихся в ведении МЧС и ФМБА России. Созданный в 1999 году на базе Института биофизики Аварийный медицинский радиационно-дозиметрический центр (АМРДЦ) сегодня интегрирован в систему аварийного реагирования Госкорпорации «Росатом». АМРДЦ является центром научно-технической поддержки Ситуационно-кризисного центра Госкорпорации «Росатом» и Кризисного центра ОАО «Концерн «Росэнергоатом» и в этом качестве занимается выработкой рекомендаций по мерам защиты персонала и медицинскому обеспечению противоаварийных мероприятий по защите населения. Положительный опыт работы АМРДЦ явился основанием для создания в системе ФМБА региональных аварийных центров на базе Научно-исследовательского института промышленной и морской медицины (Северо-Западный региональный аварийный медико-дозиметрический центр) и Южно-Уральского института биофизики (Южно-Уральский региональный аварийный медико-дозиметрический центр). В 2013 году АМРДЦ и региональные аварийные центры включены в Перечень сил и средств постоянной готовности федерального уровня РСЧС.

Система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций Госкорпорации «Росатом» объединяет координационные органы, органы управления, силы предупреждения и силы аварийного реагирования акционерных обществ корпорации, их дочерних и зависимых обществ, а также подведомственных предприятий (организаций корпорации) и действует как на федеральном (в отрасли в целом), так и на объектовом уровнях. В рамках ОСЧС на всех эксплуатируемых атомных станциях функционируют станционные (объектовые) системы предупреждения и действий при чрезвычайных ситуациях. Координацию действий аварийной станции с другими организациями — участниками аварийного реагирования осуществляет Группа оказания экстренной помощи атомным станциям (ОПАС). Ключевыми элементами в структуре противоаварийной поддержки АЭС являются: Кризисный центр Концерна «Росэнергоатом», Ситуационно-кризисный центр Госкорпорации «Росатом», Информационно-аналитический центр (ИАЦ) Ростехнадзора и Центры технической поддержки в проектных и конструкторских организациях и в ведущих российских институтах и предприятиях. Так, научно-техническая поддержка принятия решений по защите населения осуществляется в рамках специализированных научно-технических центров, созданных на базе ведущих научных организаций страны — ИБРАЭ РАН, ФМБЦ им. А. И. Бурназяна, ВНИИАЭС и НПО «Тайфун».

Действия всех центров скоординированы, они работают в круглосуточном режиме. Порядок осуществления мер по обеспечению аварийной готовности российских АЭС и введения в действие «Плана мероприятий по защите персонала в случае аварии на атомной станции» определен федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии. Система обеспечивает реагирование на аварии радиационного характера в организациях атомной отрасли, их дочерних и аффилированных структурах, а также поддержку региональных и других систем реагирования в случае возникновения подобных аварий в других сферах деятельности.

С целью поддержания постоянной готовности и совершенствования практических навыков специалистов аварийно-спасательных формирований в организациях Госкорпорации «Росатом» регулярно проводятся учения и тренировки. В состав сил и средств постоянной готовности федерального уровня РСЧС (утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 08.11.2013 г. № 1007) от Госкорпорации «Росатом» включены следующие аварийно-спасательные формирования, оснащённые по последнему слову науки и техники и укомплектованные профессиональными кадрами спасателей:

— АО «АТЦ Росатома» (г. Санкт-Петербург) с филиалами в городах Нововоронеж, Северск, Глазов, Мурманск и поселке Селятино;

- аварийно-технические центры ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров (Нижегородская область) и ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ», г. Снежинск (Челябинская область);
- отдельный военизированный горноспасательный отряд ПАО «ППГХО», г. Краснокаменск (Забайкальский край);
- центр робототехники и аварийного реагирования ФГУП «ВНИИА», г. Москва

Центры специализируются по направлениям деятельности: АТЦ в Сарове и Снежинске — по ядерному оружейному комплексу, АТЦ Санкт-Петербурга — по транспортированию радиоактивных материалов и комплексному радиационному контролю при ликвидации последствий аварий во всех организациях отрасли, его филиал в Нововоронеже — по атомной энергетике, атомной науке и технике (исследовательские реакторы), филиал в Северске — по ядерному топливному циклу. Отдельный военизированный горноспасательный отряд участвует в ликвидации последствий аварий на горнодобывающих предприятиях отрасли. Кроме того, при транспортировании радиоактивных материалов и изделий из них АТЦ выполняют функции региональных аварийно-спасательных формирований (АСФ). Зонай ответственности АТЦ Санкт-Петербурга является Северо-Западный регион, филиала в Нововоронеже — Юго-Западный и Южный регионы, Северского филиала — Сибирский, АТЦ в Сарове — Центральный, АТЦ в Снежинске — Приволжско-Уральский, ОВГСО в Краснокаменске — Дальневосточный регион. Для проведения подводных аварийно-спасательных работ в составе сил аварийного реагирования функционирует Центр аварийно-спасательных и подводно-технических работ в пгт. Селятино Московской области [73]. Мурманский филиал АО «АТЦ Росатома» специализируется на оперативном реагировании на аварии и инциденты на объектах атомной отрасли, расположенных в арктическом регионе, на возможные происшествия с судами ФГУП «Атомфлот». Аварийно-спасательное формирование Глазовского филиала АО «АТЦ Росатома» специализируется на ликвидации (локализации) последствий химических аварий, при транспортировании аварийно химически опасных веществ, а также ликвидации (локализации) аварийных разливов нефти и нефтепродуктов».

6.2.3 Системы радиационного мониторинга

Благодаря принятым и нормативно закрепленным требованиям, на всех АЭС России функционируют автоматизированные системы контроля радиационной обстановки в районах их расположения (АСКРО), объединенные в отраслевую подсистему с центральным пультом контроля в Кризисном центре Концерна «Росэнергоатом». С 2008 года данные датчиков АСКРО, расположенных в районах наблюдения 21 основных ядерно и радиационно опасных объектов Росатома, отображаются в сети Интернет в режиме реального времени на сайте www.russianatom.ru.

В середине 2000-х годов началось создание территориальных систем радиационного мониторинга. Эти масштабные работы проводились совместными усилиями разных организаций, прежде всего, ИБРАЭ РАН и НПО «Тайфун», по заказу МЧС России, Госкорпорации «Росатом» и Росгидромета. В настоящее время территориальные АСКРО созданы еще в 29 субъектах Российской Федерации. В состав объектовых и территориальных АСКРО входят также передвижные радиометрические лаборатории, которые используются для уточнения данных, получаемых от стационарных постов радиационного контроля, а также для проведения радиационной разведки вне зоны действия стационарных постов контроля.

В 2010-х годах были заложены правовые основы функционирования Единой государственной системы мониторинга радиационной обстановки на территории России (ЕГСАСМРО). В НПО «Тайфун» (г. Обнинск) был запущен головной центр системы, объединивший в единую сеть более 1500 постов радиационного контроля Росгидромета (1312 постов) и Госкорпорации «Росатом».

6.2.4 Система научно-технической поддержки принятия решений

Через четверть века после аварии на ЧАЭС, в марте 2011 года, произошла тяжелая авария на японской АЭС «Фукусима-Дайичи». Эта авария стала полномасштабным испытанием для российской системы аварийного реагирования. После объявления японских властей об аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи» по поручению Правительства России к анализу ситуации в Японии и прогнозированию радиационной обстановки на российской территории были подключены ГК «Росатом», Росгидромет и ИБРАЭ РАН. Специалисты ИБРАЭ РАН провели моделирование развития аварии отдельно на каждом из шести блоков АЭС «Фукусима» и в бассейнах выдержки ОЯТ с учетом параметров метеорологической и гидрологической обстановки. Расчеты выполнялись с использованием отечественного программного кода СОКРАТ, предназначенного для анализа безопасности экспортных проектов АЭС с ВВЭР и соответствующего по своим характеристикам лучшим мировым аналогам. Оперативный вывод специалистов ИБРАЭ РАН об отсутствии радиационной опасности для российского Дальнего Востока даже при наихудшем сценарии развития аварии в Японии Правительство получило уже на второй день аварии. Этот вывод стал основой при выработке мер реагирования РСЧС и был использован при информировании населения через СМИ [74, 75].

Действующая в рамках ОСЧС система научно-технической поддержки принятия решений по ликвидации последствий аварии на площадке и защите персонала аварийной АЭС доказала свою эффективность, в то же время задача развития системы аварийного реагирования за пределами площадки сохраняет свою актуальность. Именно система радиационной защиты населения и территорий определяет общий масштаб последствий тяжелой аварии для общества, а механизмы масштабирования последствий понятны и управляемы. Сложность задач, которые необходимо решить, обусловлена, в первую очередь, их междисциплинарным, а значит, межведомственным характером.

В силу чрезвычайной редкости радиационных аварий специфика принятия решений по радиационной защите населения неизбежно оказывается на периферии внимания региональных властей. В тех регионах, где нет территориальных АСКРО, в случае реальной радиационной угрозы власти оказываются в еще более сложной ситуации. Например, опыт участия ИБРАЭ РАН в принятии решений по мерам вмешательства после радиационного инцидента в г. Электросталь в апреле 2013 года показал, что оперативно подготовленные с участием специалистов карты радиационной обстановки, детальные прогнозы радиологических последствий реально помогли администрации города Электросталь и руководству Московской области принять достаточно взвешенные решения, не вводить в городе режим ЧС и избежать тем самым необоснованных социально-экономических потерь. В этой ситуации специалисты считают целесообразным усилить внимание к развитию государственной системы научно-технической поддержки принятия решений по радиационной защите населения и территорий [46].

Еще один актуальный вопрос — создание системы реагирования в агропромышленном комплексе. Опыт Чернобыля показал, что сельское хозяйство в течение всего послеаварийного периода являлось одной из важнейших отраслей экономики, которая не только обеспечивала продовольственную безопасность и снижение дозовых нагрузок на население, но и стабилизировала общую социально-экономическую ситуацию на пострадавших территориях. По мнению специалистов, в состав государственной системы защиты населения и территорий при радиационных авариях должны входить ситуационный центр при Министерстве сельского хозяйства России и центр научно-технической поддержки, функции которого сегодня фактически выполняет ВНИИРАЭ — ведущая научная организация, которая с 1986 года осуществляет координацию работ по ликвидации аварии на ЧАЭС в АПК.

6.2.5 Краткое заключение

1. Созданная в начале 1990-х годов в рамках Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций *отраслевая система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ОСЧС)* формировалась и развивалась исходя из опыта ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Многочисленные регулярные аварийные тренировки и командно-штабные учения, а также опыт реагирования на реальные радиационные аварии свидетельствуют, что система вполне жизнеспособна и продолжает совершенствоваться.
2. Опыт ликвидации последствий реальных аварий и инцидентов, в том числе чернобыльской аварии и аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи», показал, что эффективность противоаварийных действий существенно возрастает при наличии системы информационно-аналитической и научно-технической поддержки принятия решений. Сегодня в состав ОСЧС входят специализированные центры, осуществляющие научно-техническую поддержку по различным аспектам последствий ЧС и их ликвидации.
3. Масштаб последствий тяжелой аварии для общества определяется в первую очередь решениями, которые принимают уполномоченные органы власти по радиационной защите населения и территорий за пределами аварийной станции. Специалисты считают целесообразным усилить внимание к совершенствованию этого элемента глубокоэшелонированной защиты АЭС, прежде всего, в части развития государственной системы научно-технической поддержки принятия решений по радиационной защите населения и ведению хозяйственной деятельности на радиоактивно загрязненных территориях.

6.3 Уроки для общества

6.3.1 Восприятие обществом атомной энергетики

В период интенсивного развития атомной энергетики в СССР преобладало позитивное отношение к атомным электростанциям как к новому источнику дешевой энергии для всех. Чернобыльская авария резко изменила отношение руководства отрасли и руководителей государства к состоянию безопасности советских АЭС. Восприятие широкой общественности изменилось на резко негативное через 3 года, когда были раскритикованы данные о радиационных последствиях аварии. Набиравшее силу экологическое движение сосредоточилось на антиядерном направлении. Стали нарастать общественные протесты с требованиями закрытия действующих и запрета строительства новых АЭС. В начале 1990-х годов антиядерное движение в России приобрело массовый характер и политическую направленность.

Из-за тяжелого экономического положения и общественной неприемлемости «атомной тематики» вопросы развития атомной энергетики надолго выпали из первоочередной повестки государства. В атомной отрасли в этот период велась целенаправленная работа по доведению уровня безопасности действующих станций до новых постчернобыльских международных стандартов. Однако широкую общественность об этом не информировали, и население долгое время считало вполне вероятным повторение на российских АЭС катастрофы, подобной чернобыльской.

Перелом ситуации произошел в середине 2000-х годов, через два десятилетия после чернобыльской аварии. В мире в это время был провозглашен «атомный ренессанс». В России в 2006 году была принята федеральная целевая программа по развитию атомного энергопромышленного комплекса, предусматривавшая выделение значительных бюджетных средств на развитие атомной энергетики с параллельным решением ранее

накопленных проблем ядерного наследия. Градус общественного недоверия к безопасности российских АЭС начал постепенно снижаться (табл. 6.1), но представления о катастрофическом характере последствий Чернобыля, в первую очередь, медицинских, оставались неизменными.

В 2012 году, через четверть века после аварии на Чернобыльской АЭС, Фонд «Общественное мнение» провел всероссийский опрос на тему общественного восприятия медицинских последствий аварии. По мнению большинства россиян, от радиационного воздействия в результате аварии на Чернобыльской АЭС погибли десятки, сотни тысяч и даже миллионы людей [77]. Распределение ответов не зависело от возраста, образования, социального статуса и места проживания опрошиваемых (рис. 6.1).

В последнее десятилетие тематика Чернобыля традиционно поднимается СМИ в годовщину аварии, но мало присутствует в повседневной жизни. Социологи говорят про выпадение чернобыльской темы из повестки государства и сознания россиян [78]. Отношение россиян к развитию атомной энергетики сегодня кардинально отличается от того, что было в начале 1990-х годов — около 60% россиян с одобрением относятся к развитию российской атомной энергетики (табл. 6.2), более 60% считают повторение Чернобыля маловероятным (табл. 6.1).

Таблица 6.1. Распределение ответов на вопрос «Как Вам кажется, может ли в ближайшие годы в России повториться катастрофа, подобная чернобыльской? (один ответ)», [76]

Вариант ответа	апр.00	апр.01	мар.06	мар.11	мар.16	июн.19
Вполне вероятно	26	38	14	16	6	8
Довольно вероятно	43	38	45	40	28	22
Маловероятно	17	15	25	32	41	46
Практически невероятно	4	3	4	4	6	18
Затрудняюсь ответить	11	7	12	8	21	7

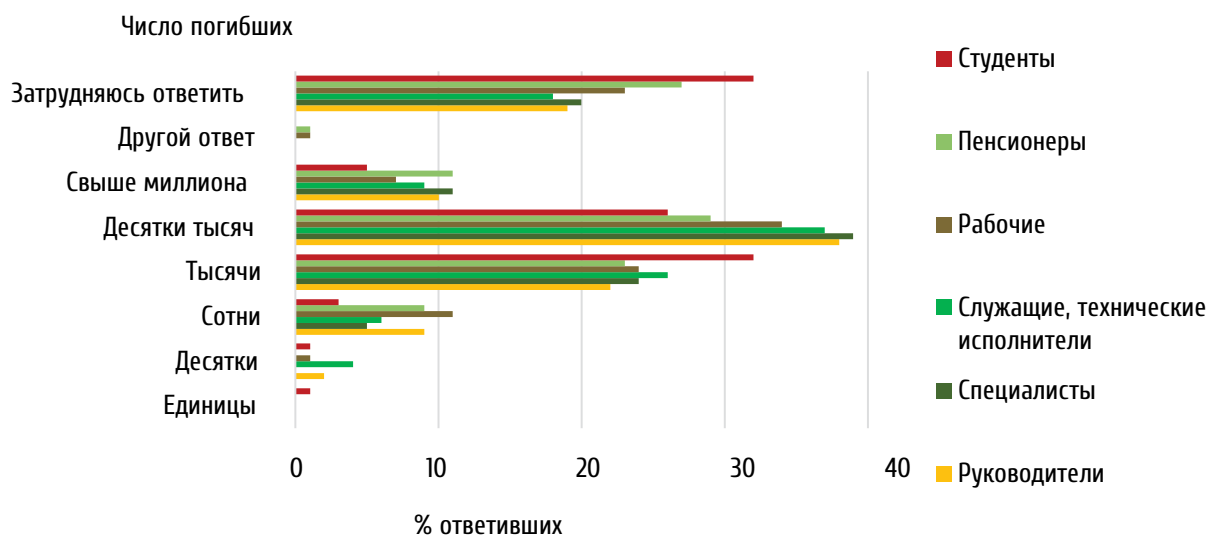


Рисунок 6.1. Распределение ответов респондентов на вопрос: «В 1986 г. произошла авария на Чернобыльской АЭС. По Вашему мнению, сколько всего людей погибли от радиационного воздействия в результате этой аварии?» [77]

Таблица 6.2. Распределение ответов на вопрос «Как вы относитесь к развитию атомной энергетики: с одобрением или с неодобрением? (закрытый вопрос, один ответ, %)\», по данным ВЦИОМ [79]

Вариант ответа	1990 г.	2016 г.
С одобрением	14	58
С неодобрением	56	28
Затрудняюсь ответить	30	14

6.3.2 Разрыв между общественным мнением и научным знанием

Мнение общества о смертельной опасности чернобыльской радиации в любых дозах практически не меняется со временем. Это представление формировалось длительное время под действием разнонаправленных факторов (см. раздел 4). Чернобыльская авария действительно стала катастрофой, но не медицинской, а гуманитарной. Она затронула сотни тысяч людей, надолго нарушив и изменив их привычную жизнь. Особое восприятие людьми радиационной опасности имеет объективные причины. Но переживания и страхи людей за свое здоровье и здоровье своих детей долгое время не получали должного внимания и ответов как со стороны науки, так и со стороны власти. Более того, первые 10—15 лет наука и власти посылали обществу противоречивые информационные сигналы. По решению властей многие территории через пять лет после аварии были без должных научных оснований объявлены пострадавшими от радиации (см. главу 4), а в ответ на обеспокоенность людей ученые упрекали их в радиофобии.

С начала 2000-х годов государство направило серьезные усилия на информирование жителей чернобыльских регионов о незначительности радиационных рисков. Однако это не помогло изменить общественное восприятие, поскольку речь шла о распространении научной информации, при этом общие закономерности восприятия рисков для здоровья, особенности восприятия радиационной опасности, законодательная привязка чернобыльских рисков к льготам и компенсациям игнорировались.

Формирование исторической памяти о чернобыльской аварии шло не столько через научные аргументы, сколько через эмоциональный отклик населения на действия государства, оцениваемые через призму понятий о справедливости/несправедливости, героизме/трусости, правде/сокрытии правды. Именно здесь следует искать истоки общественных представлений о сотнях тысяч и миллионах жертв чернобыльской радиации.

Определенную роль сыграли и кажущиеся противоречия в интерпретации эпидемиологических данных представителями разных научных школ (см. главу 3). В диапазоне малых доз облучения риски отдаленных последствий оцениваются на основе достаточно консервативных модельных представлений. Значительный консерватизм присутствует и в оценке доз облучения (если защитные меры не применяются вообще), средней продолжительности жизни населения (в трех пострадавших странах она составляет 80 лет) и других характеристик наблюдаемых групп [80]. Полученное расчетным путем гипотетическое число радиогенных раков заведомо выше числа реально зафиксированных случаев. Согласно фактическим данным авторитетных медицинских организаций, через 35 лет после аварии общее число случаев смерти людей от радиационного воздействия в результате чернобыльской аварии — менее 100 (см. главу 3). Однако, в силу объективных закономерностей восприятия рисков для здоровья, общество в большей степени доверяет не фактическим данным, а максимально возможным гипотетическим оценкам.

Существующий разрыв между общественными представлениями и научными знаниями представляет собой серьезную проблему, особенно в стране, последовательно развивающей атомную энергетику. Глубоко укоренившееся представление о смертельной опасности радиационных аварий — одна из основных причин того, что большинство россиян относится с опаской к идее строительства АЭС вблизи от своего населенного пункта [81]. Чернобыльские стереотипы автоматически переносятся на любую аварию на АЭС. В 2011 году это наглядно продемонстрировала авария на японской АЭС «Фукусима Дайичи». От радиационного воздействия не погиб ни один человек, но в ходе опроса 2012 года большинство россиян ответили, что погибли сотни тысяч и миллионы людей, как и в Чернобыле [77]. Негативный отклик у местного населения вызывают планы строительства не только АЭС, но и других объектов использования атомной энергии, например, пунктов захоронения РАО. Даже когда речь идет о проектах, связанных с ликвидацией выведенных из эксплуатации объектов и реабилитацией площадок, вопрос «Что будет с ядерными отходами?» для населения является одним из главных.

Задача переформатирования общепринятых представлений требует системных подходов на уровне государства, включая модернизацию чернобыльского законодательства, повышения квалификации врачей, учителей и др. и широкое информирование населения через СМИ и другие каналы. При соответствующем внимании и целенаправленных усилиях разрыв между общественным мнением и научными знаниями может быть преодолен за 5—10 лет.

6.3.3 Краткое заключение

1. Стратегические просчеты властей в информировании населения страны и мирового сообщества о масштабах радиоактивного загрязнения территорий в результате аварии на ЧАЭС вызвали сильную реакцию общественного отторжения. Вопросы ответственности за аварию, справедливого возмещения ущерба и гарантий неповторения таких аварий долгое время сохраняли свою актуальность для российского общества.
2. В последнее десятилетие тематика Чернобыля практически выпала из повестки государства и сознания россиян. Три десятилетия безаварийной работы убедили общество в безопасности атомных станций, но не изменили представлений о смертельной опасности чернобыльской радиации в любых дозах.
3. Существующий разрыв между общественными представлениями и научными знаниями представляет собой серьезную проблему, особенно в стране, последовательно развивающей атомную энергетику. Это — потенциальный источник конфликтов между общественностью и властью по всем вопросам, связанным с обеспечением радиационной безопасности населения. Желание населения снизить пренебрежимо малые радиационные риски до абсолютного нуля не должно вытеснить из общественного сознания и бюджета другие, зачастую более существенные, риски нерадиационной природы.

Приложение А.

Организации и специалисты России, внесшие решающий вклад в работы по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС в 1986—1991 гг.

В работах в 30-километровой зоне ЧАЭС приняли активное участие многочисленные организации гражданских министерств и ведомств, а также подразделения Министерства обороны СССР. Руководили их работой:

- Оперативные группы Правительственной комиссии (Совет Министров СССР);
- Оперативные группы 3-го Главного управления Минздрава СССР;
- Оперативная группа Минсредмаша СССР.
- Оперативные группы министерства обороны, министерства гражданской обороны, начальника химических войск, начальника инженерных войск.

Большой вклад внес командный и личный состав подразделений авиации, химических войск, инженерных войск, сил гражданской обороны. Задачи по организации, координации и проведению работ в 30-километровой зоне и строительству города Славутича выполнял ПО «Комбинат» с привлечением организаций и ведомств союзного и республиканского подчинения, включая Управление строительством на Чернобыльской АЭС (УС-605), сформированное на базе специальных военно-строительных частей Минсредмаша СССР.

Под руководством Межведомственного координационного совета по научным проблемам Чернобыля при Президиуме Академии наук СССР большую работу провели научные организации:

- ИАЭ им. И. В. Курчатова;
- Филиал ИАЭ им. И. В. Курчатова;
- Комплексная экспедиция ИАЭ им. И. В. Курчатова;
- ВНИПИЭТ;
- НИКИЭТ;
- ВНИИАЭС;
- Радиевый институт им. В. Г. Хлопина;
- Институт биофизики Минздрава СССР;
- Филиалы № 1 и № 4 Института биофизики Минздрава СССР;
- Институт прикладной геофизики;
- НИИ радиационной гигиены;
- ВНИИ сельскохозяйственной радиоэкологии;
- Институт медицинской радиологии РАМН;
- НПО «Тайфун»;
- НИФХИ им. Л. Я. Карпова.

Большой вклад в обеспечение работ по ликвидации последствий аварии внесли научные и проектные организации, разработавшие роботизированные средства, военную и специальную технику с усиленной защитой экипажей:

- ЦНИИ 12 Минобороны;
- ЦНИИ 15 Минобороны;
- ВНИИ Стали;
- ВНИИ Трансмаш;
- НИКИМТ;
- ЦНИИ РТК.

К работам по научному обоснованию мер по ликвидации последствий и их последующей реализации привлекалось большое количество ведущих российских специалистов и ученых. Многие из них посвятили этой тематике годы и десятилетия напряженной работы. Их труды сыграли важную роль в обеспечении безопасности населения Беларуси, России, Украины и мира. Неоценимы заслуги

- академиков **Александрова А. П., Беляева С. Т., Большова Л. А., Велихова Е. П., Ильина Л. А.** — в координации научно-исследовательских работ;
- **Возняка В. Я., Губанова В. А., Владимирова В. А., Герасимовой Н. В., Воронова С. И., Марченко Т. А.** — в сфере управления практическими работами по преодолению последствий аварии;
- академика **Израэля Ю. А., Цатурова Ю. С., Гасилиной Н. К., Челюканова В. В., Стукина Е. Д., Квасниковой Е. В., Шершакова В. М., Борзилова В. А., Вакуловского С. М., Махонько К. П., Никитина А. И., Войцеховского С. М., Булгакова В. Г., Крышева И. И.** — в организации работ по мониторингу радиоактивного загрязнения окружающей среды;
- академика **Легасова В. А.,** чл.-корр. РАН **Сидоренко В. А.,** профессоров **Абагяна А. А., Адамова Е. О., Асмолова В. Г., Арутюняна Р. В., Борового А. А., Рязанцева Е. П.** — в работах по анализу причин аварии и оценке состояния активной зоны и конструкций аварийного реактора;
- **Усанова А.Н., Игнатенко Е. И., Поздышева Э. Н., Кочеткова О. А., Казакова С. В., Панфилова А. П., Беловодского Л. Ф., Лызлова А. Ф., Василенко Е. К.** — в организации и реализации практических работ по приведению АЭС и 30-километровой зоны ЧАЭС в безопасное состояние, сооружении объекта «Укрытие» и обеспечении радиационной безопасности участников работ по ликвидации последствий аварии;
- профессора **Рамзаева П. В., Иванова Е. В., Балонова М. И., Савкина М. Н., Бархударова Р. М., Павловского О. А.** — в части дозиметрического обеспечения защиты населения;
- чл.-корр. РАМН **Гуськовой А. К.,** профессора **Баранова А. Е.** — в оказании высококвалифицированной помощи облученным в высоких дозах участникам ЛПА и последующем наблюдении за ними;
- профессора **Никифорова А. М.** — в оказании высококвалифицированной медицинской помощи участникам работ по ликвидации последствий аварии;
- академика РАМН **Цыба А. Ф.,** чл.-корр. РАН **Иванова В. К.** — в области радиационной эпидемиологии;

- профессора **Тихомирова Ф. А.**, **Марадудина И. И.**, **Таскаева А. И.**, **Козубова Г. М.**, **Романова Г. Н.**, **Рябова И. Н.**, **Шевченко В. А.** — в области радиоэкологии;
- академика **Корнеева Н. А.**, академика **Алексахина Р. М.**, чл.-корр. РАН **Санжаровой Н. И.**, **Худякова М. А.**, **Светова В. Г.**, **Гончарик Н. В.**, **Поваляева А. П.**, **Боченкова В. Ф.**, **Фирсаковой С. К.**, **Лощилова Н. А.**, **Ратникова А. Н.** — в области сельскохозяйственной радиологии;
- **Осипьянца И. А.**, **Симонова А. В.** — в работах по информационно-аналитическому сопровождению мероприятий по преодолению и анализу последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

Необходимо отметить и огромную роль в ликвидации последствий аварии военачальников:

- начальника химических войск Министерства обороны СССР, Героя Советского Союза генерал-полковника **Пикалова В. К.**;
- начальника инженерных войск Министерства обороны СССР, маршала инженерных войск **Аганова С. Х.**;
- Героя Советского Союза, генерал-полковника авиации **Антошкина Н. Т.**

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авария на Чернобыльской АЭС и ее последствия: Информация, подготовленная для совещания экспертов МАГАТЭ (25—29 августа 1986 г., Вена). ГК по использованию атомной энергии. СССР. — М., 1986. URL: http://elib.biblioatom.ru/text/istoriya-atomnoy-energetiki_v4_2002/go,49/ (дата обращения 11.01.2021).
2. Радиационные аспекты чернобыльской аварии. Труды первой Всесоюзной конференции (Обнинск, июнь 1988 г.). Под ред. Ю. А. Израэля. В двух томах. Санкт-Петербург, Гидрометеиздат, 1993. Том 1 — 408 с., том 2 — 399 с.
3. Алексахин Р. М., Булдаков Л. А., Губанов В. А. и др. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры. Под ред. Л. А. Ильина и В. А. Губанова. — М.: ИздАТ, 2001. 752 с. URL: http://elib.biblioatom.ru/text/krupnye-radiatsionnye-avarii_2001/ (дата обращения 11.01.2021).
4. Л. А. Ильин. Реалии и мифы Чернобыля. Изд. 2-е, испр. и доп. — М.: ALARA Limited, 1996. 474 с.
5. Чернобыль. Пять трудных лет: Сборник материалов. — М.: ИздАТ, 1992. 381 с. URL: <https://www.klex.ru/sk5> (дата обращения 11.01.2021).
6. Международный Чернобыльский проект: Технический доклад. Оценка радиологических последствий и защитных мер (Доклад Международного консультативного комитета). — Вена, IAEA, 1992. URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub885r_web.pdf (дата обращения 11.01.2021).
7. Арутюнян Р. В., Большов Л. А., Боровой А. А. и др. Ядерное топливо в объекте «Укрытие» Чернобыльской АЭС. — М.: Наука, 2010. 240 с. URL: <http://www.ibrae.ac.ru/pubtext/54/> (дата обращения 11.01.2021).
8. Израэль Ю. А., Вакуловский С. М., Ветров В. А., Петров В. Н., Ровинский Ф. Я., Стукин Е. Д. Чернобыль: радиоактивное загрязнение природных сред. / Под ред. Ю. А. Израэля. Ленинград: Гидрометеиздат, 1990. 296 с.
9. Крышев И. И., Алексахин Р. М., Рябов И. Н., Махонько К. П. и др. Радиозоологические последствия Чернобыльской аварии. Под ред. И.И. Крышева. — М.: Ядерное Общество СССР, 1991. 172 с.
10. Экологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и их преодоление: двадцатилетний опыт. — Вена, МАГАТЭ, 2008. 199 с.
11. Олейник В. К., Крышев И. И. Результаты радиозоологической экспедиции по территории 30-километровой зоны Чернобыльской АЭС и двенадцати областей России, Украины и Белоруссии в августе 1986 года // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2004. № 2. С. 24—30. URL: <https://nuclear-power-engineering.ru/pdf/2004/02/2004-02-full-i> (дата обращения 09.02.2021).
12. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси. Под ред. Ю. А. Израэля и И. М. Богдевича. — Москва-Минск: Фонд «Ионосфера» — НИИ Природа, 2009. 140 с.
13. Рябов И. Н. Радиозоология рыб водоемов в зоне влияния аварии на Чернобыльской АЭС. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 215 с.
14. Вакуловский С. М., Колесникова Л. В., Тertyшник Э. Г., Уваров А. Д. Динамика загрязнения ¹³⁷Cs озера Кожановское в постчернобыльский период // Радиационная биология. Радиозоология. 2009. Т. 49. № 2. С. 204—208.

15. Шершаков В. М., Булгаков В. Г., Каткова М. Н., Яхрюшин В. Н., Бородин Р. В., Уваров А. Д. Радиоактивное загрязнение населенных пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-(239+240) в результате Чернобыльской аварии. — М.: ООО «Информполиграф», 2012. 312 с.
16. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-(239+240) / Под ред. С. М. Вакуловского. Обнинск, ФГБУ «НПО «Тайфун», 2020. 224 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.rpatyphoon.ru/upload/medialibrary/e6a/ezheg_rzrf_2020.pdf (дата обращения: 20.10.2020)
17. Радиоактивное загрязнение окружающей среды вследствие радиационных аварий. Авария на Чернобыльской АЭС 1986 года. В книге: Развитие системы мониторинга радиационной обстановки на территории России. Под ред. д.т.н. В. М. Шершакова. — М.: ООО «Маска», 2020. С. 96—120.
18. Антохина В. А., Максимова О. А., Бурякова А. А., Крышев И. И. Оценка экологических рисков для территорий Калужской области, загрязненных после чернобыльской аварии // Радиация и риск. 2018. Т. 27. № 3. С. 42—54.
19. Бурякова А. А., Павлова Н. Н., Крышев И. И., Каткова М. Н. Динамика и современное состояние радиоэкологической обстановки на территориях аварийного чернобыльского следа в Брянской области // Радиационная биология. Радиоэкология. 2021. Т. 61. № 3. С. 276—284.
20. Крышев И. И., Рязанцев Е. П. Экологический риск радиационных аварий на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима» (Япония) // Атомная энергия. 2017. Т. 122. Вып. 1. С. 46—55. URL: <https://j-atomicenergy.ru/index.php/ae/article/view/711/690> (дата обращения 09.02.2021).
21. Панов А. В., Фесенко С. В., Алексахин Р. М., Пастернак А. Д., Прудников П. В., Санжарова Н. И., Горяинов В. А., Новиков А. А., Музалевская А. А. Радиоэкологическая ситуация в сельскохозяйственной сфере на загрязненных территориях России в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная биология. Радиоэкология. 2007. Т. 47. № 4. С. 423—434.
22. Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий. Под редакцией чл.-кор. РАН Н. И. Санжаровой и проф. С. В. Фесенко. — М.: РАН, 2018. 278 с.
23. Фесенко С. В., Алексахин Р. М., Санжарова Н. И., Спиридонов С. И. Закономерности изменения содержания ^{137}Cs в продукции животноводства на территории Российской Федерации, подвергшейся загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная биология. Радиоэкология. 1995. Т. 35. Вып. 3. С. 316—327.
24. Панов А. В., Исамов Н. Н., Санжарова Н. И., Рыбалко Ю. А. Радиологический контроль продукции животноводства и кормопроизводства юго-западных районов Брянской области, подвергшихся воздействию аварии на ЧАЭС // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2015. № 4 (16). С. 91—99.
25. Раздайводин А. Н., Ромашкин Д. Ю. Комплексная оценка опасности лесных пожаров в зонах радиоактивного загрязнения лесов // Инновации и технологии в лесном хозяйстве. Материалы международной научно-практической конференции. 2011. URL: <http://www.spb-niilh.ru/pdf/innovation-and-technology-in-forestry-2011-1.pdf#page=242> (дата обращения 09.02.2021).
26. Раздайводин А. Н., Марадудин И. И. Современные аспекты радиационной безопасности в лесах Российской Федерации. — В кн. «ВНИИЛМ — 80 лет научных исследований: сборник статей, посвящ. 80-летию ВНИИЛМ». — М.: ВНИИЛМ, 2014. С. 167—179.

27. Карпов А. Д., Русских А. Д., Радин А. И., Раздайводин А. Н. Вертикальное распределение Cs-137 в различных типах почв в загрязненных радионуклидами лесах юго-запада Брянской области // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. Материалы V Международной конференции, 2016. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28135582&selid=28135644> (дата обращения 09.02.2021).
28. Последствия облучения в результате чернобыльской аварии для здоровья человека. — НКДАР ООН, 2008. 265 с. URL: https://www.unscear.org/docs/reports/2008/12-55525_Report_2008_Annex_D_RUSSIAN.pdf (дата обращения 26.01.2021).
29. Балонов М. И. Международная оценка последствий Чернобыльской аварии: Чернобыльский форум ООН (2003—2005) и НКДАР ООН (2005—2008) // Радиационная гигиена. 2011. Т. 4. № 2. С. 31—39. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/236291434.pdf> (дата обращения 02.02.2021).
30. Крючков В. П., Кочетков О. А., Цовьянов А. Г. Радиационно-дозиметрические аспекты ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС / Под ред. д.т.н. В. Г. Асмолова и канд. техн. наук О. А. Кочеткова. — М.: Издат, 2011. 256 с. URL: <https://ru.b-ok.global/book/2969375/758e8e> (дата обращения 20.01.2021).
31. Крючков В. П., Ильин Л. А., Кочетков О. А., Цовьянов А. Г. Дозы участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2016. Т. 61. № 3. С. 52—61. URL: <https://medradiol.fmbafmbc.ru/vypuski?id=291> (дата обращения 26.01.2021).
32. Радиационно-гигиенические аспекты преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Том 1. Под ред. Г. Г. Онищенко и А. Ю. Поповой. — СПб.: СПбНИИРГ, 2016. Т. 1. 448 с. URL: <http://niirg.ru/PDF/2016/Monographia.pdf> (дата обращения 27.01.2021).
33. Ильин Л. А., Кенигсберг Я. Э., Линге И. И., Лихтарев И. А., Савкин М. Н. Радиационная защита населения при реагировании на Чернобыльскую аварию // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2016. Т. 61. № 3. С. 5—16. URL: <https://medradiol.fmbafmbc.ru/vypuski?id=281> (дата обращения 26.01.2021).
34. Гуськова А. К., Галстян И. А., Гусев И. А. Авария Чернобыльской атомной станции (1986—2011 гг.): последствия для здоровья, размышления врача. Под общей редакцией члена-корр. РАМН А. К. Гуськовой. — М.: ФМБЦ им. А. И. Бурназяна, 2011. 254 с. URL: http://publ.lib.ru/ARCHIVES/G/GUS'KOVA_Angelina_Konstantinovna/_Gus'kova_A.K.html#0002 (дата обращения 23.01.2021).
35. Гуськова А. К., Краснюк В. И., Галстян И. А., Надежина Н. М. 30 лет аварии на Чернобыльской АЭС: опыт ликвидации медицинских последствий // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2016. Т. 61. № 3. С. 30—35. URL: <https://medradiol.fmbafmbc.ru/vypuski?id=287> (дата обращения 26.01.2021).
36. Медицинские радиологические последствия Чернобыля: прогноз и фактические данные спустя 30 лет. Под общей редакцией чл. корр. РАН В. К. Иванова, чл.-корр. РАН А. Д. Каприна. — М.: ГЕОС, 2015. 450 с. URL: <http://www.nrer.ru/monograf.html> (дата обращения 22.01.2021).
37. Российский национальный доклад «25 лет чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России. 1986—2011». Под ред. Шойгу С. К., Большова Л. А. — М., 2011. 160 с. URL: http://ibrae.ac.ru/docs/109/booklet_25 лет-3_redaction_web.pdf (дата обращения 26.01.2021).
38. Российский национальный доклад. 30 лет чернобыльской аварии: итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2016. — Москва, 2016. 202 с. URL: <http://ibrae.ac.ru/docs/RND%2030%20let%20web.pdf> (дата обращения 26.01.2021).

39. Туков А. Р., Шафранский И. Л., Бирюков А. П., Прохорова О. Н. Отраслевой регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на Чернобыльской АЭС // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2016. Том 61. № 3. С. 62—67. URL: <https://medradiol.fmbafmbc.ru/vypuski?id=293> (дата обращения 26.01.2021).
40. Туков А. Р., Шафранский И. Л., Сидорин И. В., Прохорова О. Н. Риск заболевания лейкозами работников предприятий Госкорпорации «Росатом», принимавших участие в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в 1986—1990 гг. // Медицина экстремальных ситуаций. 2018. Т. 20. № 4. С. 520—526.
41. Туков А. Р., Прохорова О. Н., Орлов Ю. В., Талалаева Т. Г., Маркова Е. М., Балканов А. С., Бушманова Т. Г. Оценка здоровья ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС — работников атомной промышленности России и жителей Московской области // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2020. Т. 65. № 1. С. 17—21. DOI: 10.12737/1024-6177-2020-65-1-17-21.
42. 30 лет после Чернобыля: патогенетические механизмы формирования соматической патологии, опыт медицинского сопровождения участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции. Под ред. Алексанина С. С. — СПб.: Политехника-принт, 2016. 506 с. URL: https://nrccrm.ru/files/book/monogr_30let.pdf (дата обращения 02.03.2021).
43. Международная конференция МАГАТЭ. 10 лет после Чернобыля. — Вена. 1996. URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/PiA51r_web.pdf (дата обращения 25.02.2021).
44. Медицинские последствия Чернобыльской аварии и социальные программы здравоохранения: Доклад экспертной группы «Здоровье» Чернобыльского форума ООН / Всемир. орг. здравоохранения. — Женева, 2006. 182 с. URL: <https://www.who.int/publications/list/9789244594179/ru/> (дата обращения 25.02.2021).
45. Рамзаев П. В., Иванов Е. В., Балонов М. И. и др. Прогноз медицинских последствий аварии на ЧАЭС для населения РСФСР // Ближайшие и отдаленные последствия радиационной аварии на Чернобыльской АЭС. Под ред. Л. А. Ильина и Л. А. Булдакова. — М.: Министерство здравоохранения СССР, 1987. С. 348—354.
46. Арутюнян Р. В., Большов Л. А., Линге И. И., Мелихова Е. М., Панченко С. В. Уроки Чернобыля и Фукусимы: актуальные проблемы совершенствования системы защиты населения и территорий при авариях на АЭС // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2016. Т. 61. № 3. С. 36—51. URL: <https://medradiol.fmbafmbc.ru/vypuski?id=289> (дата обращения 28.01.2021).
47. Барковский А. Н. и др. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2018 году. Информационный сборник. — Санкт-Петербург, СПбНИИРГ, 2019 г.
48. Брук Г. Я., Базюкин А. Б., Барковский А. Н., Братилова А. А., Власов А. Ю. и др. Облучение населения Российской Федерации вследствие аварии на Чернобыльской АЭС и основные направления дальнейшей работы на предстоящий период // Радиационная гигиена. 2014. Т. 7. № 4. С. 72—77. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/236292157.pdf> (дата обращения 03.03.2021).
49. Evaluation of data on thyroid cancer in regions affected by the Chernobyl accident. A white paper to guide the Scientific Committee's future programme of work. United Nations. New York, 2018. https://www.unscear.org/docs/publications/2017/Chernobyl_WP_2017.pdf (дата обращения 02.02.2021).
50. Марченко Т. А., Кучмезов Х. Х., Петров С. В., Гуль М. Н., Буевич О. Е. Результаты проведения комплексных обследований населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие аварии на ЧАЭС // Технологии гражданской безопасности. 2016. Т. 13. № 3 (49). С. 20—24. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26687884> (дата обращения 10.02.2021).

51. Яковлев В. Двойная защита. Как выполняются чернобыльские программы Союзного государства? // Союз Беларусь-Россия. 2020. № 15 (931). Онлайн-публикация от 22.04.2020. URL: <https://rg.ru/2020/04/22/kak-vypolniaiutsia-chernobylskie-programmy-soiuznogo-gosudarstva.html> (дата обращения 20.02.2021).
52. Линге И. И., Абалкина И. Л., Бархударов Р. М., Буланцева Т. А., Казаков С. В. и др. Научно-техническая поддержка работ по преодолению последствий аварии на Чернобыльской АЭС: итоги и уроки для будущего. Доклад И. И. Линге на заседании РНКРЗ 14 марта 2006 г. URL: http://www.ibrae.ac.ru/images/stories/ibrae/chernobyl/linge_14march.pdf (дата обращения 20.02.2021).
53. Рейтинг социально-экономического положения регионов по итогам 2019 года. РИА Новости. <https://ria.ru/20200601/1572067019.html> (дата обращения 13.11.2020).
54. Итоги реализации целевых программ по преодолению последствий радиационных аварий. 2016. Онлайн-публикация на официальном сайте МЧС России. URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/informacionnye-proekty/30-letie-katastrofy-na-chernobylskoj-aes/itogi-realizacii-celevyh-programm-po-preodoleniyu-posledstviy-radiacionnyh-avariy> (дата обращения 20.02.2021).
55. Арутюнян Р. В., Большов Л. А., Линге И. И., Мелихова Е. М., Панченко С. В. Уроки Чернобыля и Фукусимы и актуальные проблемы совершенствования системы защиты населения и территорий при авариях на АЭС // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2016. № 3. С. 36—51.
56. Алексахин Р. М. и др. Концепция реабилитации загрязненных сельскохозяйственных угодий в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС // Вестник РАСХН. 2003. № 3. С. 14—17.
57. Сельскохозяйственная радиоэкология. Под ред. Алексахина Р. М. и Корнеева Н. А. — М.: Экология, 1992. 400 с.
58. Фесенко С. В., Алексахин Р. М., Санжарова Н. И. и др. Анализ факторов, определяющих формирование доз внутреннего облучения сельского населения и эффективность защитных мероприятий в сельском хозяйстве в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная биология, Радиоэкология. 1999. Т. 39. № 5. С. 487—499.
59. Санжарова Н. И., Фесенко С. В., Романович И. К. и др. Радиологические аспекты возвращения территорий Российской Федерации, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС, к условиям нормальной жизнедеятельности // Радиационная биология. Радиоэкология. 2016. Т. 56. № 3. С. 322—335.
60. Fesenko S. V., Jacob P., Alexakhin R. et al. Important factors governing exposure of the population and countermeasure application in rural settlements of the Russian Federation in the long term after the Chernobyl accident // Journal of Environmental Radioactivity. 2001. Vol. 56. No. 1—2. Pp. 77—98.
61. Исамов Н. Н. и др. Оценка экономической эффективности технологии производства продукции животноводства, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам, после применения смеси комбикормов с ферроцинсодержащими препаратами в юго-западных районах Брянской области // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. Т. 61. № 4 (364). С. 23—25.
62. Исамов Н. Н. (мл.), Санжарова Н. И., Кузнецов В. К. Защитные технологические приемы в кормопроизводстве и животноводстве в условиях радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий // Достижения науки и техники АПК. 2004. № 7. С. 30—32.
63. Fesenko S. V., Alexakhin R. M., Balonov M. I., Bogdevich I. M., Howard B. J., Kashparov V. A., Sanzharova N. I., Panov A. V., Voigt G., and Zhuchenka Yu. M. J. Twenty years' application of agricultural countermeasures following the Chernobyl accident: lessons learned. Radiol. Prot. 2006. Vol. 26. P. 351—359.

64. Белов А. А., Раздайводин А. Н., Радин А. И., Булгатов Д. В., Чириков А. М. Адаптация системы видеонаблюдения для мониторинга лесов, загрязненных радионуклидами, на сопредельных территориях Российской Федерации и Республики Беларусь // Проблемы и перспективы развития территорий, пострадавших в результате катастрофы на чернобыльской АЭС, на современном этапе. Материалы Международной научно-практической конференции, г. Хойники, 26—27 июля 2018 г. Под общ. ред. заместителя директора по научной работе ГПНИУ «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник», к. с.-х. н. Кудина М. В. — Хойники: ГПНИУ «ПГРЭЗ», 2018. С. 192—196.
65. Марченко Т. А., Радин А. И., Раздайводин А. Н. Ретроспективное и современное состояние лесных территорий приграничных районов Брянской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению // Радиационная гигиена. 2020. Т. 13. № 2. С. 6—18. DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-2-6-18.
66. Санжарова Н. И., Романович И. К., Раздайводин А. Н., Панов А. В., Шубина О. А., Исамов Н. Н. Радиологические аспекты возвращения к условиям нормальной жизнедеятельности территорий Российской Федерации, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность — 2017. Сборник статей научно-практической конференции с международным участием, Севастополь, 11—15 сентября 2017 г. С. 1183—1186.
67. Шубина О. А., Титов И. Е., Кречетников В. В., Санжарова С. И. Вопросы возвращения в хозяйственное использование территорий, временно выведенные из землепользования после аварии на Чернобыльской АЭС. Труды Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» (ФГБНУ ВНИИРАЭ). Под ред. Н. И. Санжаровой. — Обнинск, ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. С. 99—119.
68. Итоговый доклад о совещании по рассмотрению причин и последствиям аварии в Чернобыле. Доклад Международной Консультативной группы по ядерной безопасности. Международное агентство по атомной энергии. Вена, 1988 г. — История атомной энергетики Советского Союза и России. Вып. 4. Уроки аварии на Чернобыльской АЭС. 2002. С. 139—202. URL: http://elib.biblioatom.ru/text/istoriya-atomnoy-energetiki_v4_2002/0005/ (дата обращения 23.03.2021).
69. NSAG-3 «Основные принципы безопасности атомных электростанций». URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1082r_web.pdf (дата обращения 18.03.2021).
70. Рачков В. И. Стратегия развития атомной энергетики России. Онлайн-публикация на сайте Ростепло.ru. URL: <http://www.wdcb.ru/mining/articls/st> (дата обращения 18.03.2021).
71. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Под общ. ред. Е. В. Евстратова, А. М. Агапова, Н. П. Лаверова, Л. А. Большова, И. И. Линге. Т. 1. — М.: 2012. 356 с. URL: <http://www.ibrae.ac.ru/pubtext/167/> (дата обращения 23.03.2021).
72. Агапов А. М. Система аварийного реагирования Госкорпорации «Росатом». — В кн.: Федеральный справочник «Топливо-энергетический комплекс России», т. 10. URL: <http://federalbook.ru/projects/tek/structura-10.html> (дата обращения 27.03.2021).
73. Седьмой Национальный доклад Российской Федерации о выполнении обязательств, вытекающих из Конвенции о ядерной безопасности, URL: <https://rosatom.ru/upload/iblock/d00/d004c496dcdeff7ead278f0a97c3f496.pdf> (дата обращения 26.03.2021).
74. Ядерная рулетка : В 2 т. — Т. 1 : Чернобыль — Фукусима : Путевые заметки ликвидатора / Рафаэль Арутюнян ; Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. — М., 2019. — 387 с. : ил. ISBN 978-5-6041296-4-7 (в пер.).
75. Труды ИБРАЭ РАН / под. общ. ред. чл.-кор. РАН Л. А. Большова; Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. — М. : Наука, 2007. Вып. 13 :

- Авария на АЭС «Фукусима-1»: опыт реагирования и уроки / науч. ред. Р. В. Арутюнян. 2013. 246 с. URL: http://en.ibrae.ac.ru/docs/109/fukusima_sq_cover.pdf (дата обращения 29.03.2021).
76. Чернобыльская авария. Пресс-выпуск, 17.07.2019. Левада-центр. URL: <https://www.levada.ru/2019/07/17/chernobylskaya-avariya/> (дата обращения 17.03.2021).
77. 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 // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2013. Т. 58. № 4. С. 5—16.
78. Опрос к 30-летию Чернобыля: 73 % россиян уверены в безопасности современных АЭС. Онлайн-публикация на сайте Атомная энергия 2.0. URL: <https://www.atomic-energy.ru/articles/2016/04/26/65400> (дата обращения 17.03.2021).
79. Страх россиян перед новым Чернобылем снизился до исторического минимума. Онлайн-публикация на сайте РБК от 17.07.2019. URL: <https://www.rbc.ru/society/17/07/2019/5d2db1a89a7947ffb6a3569a> (дата обращения 05.08.2019).
80. UN Chernobyl Forum Expert Group Health (EGH). Health effects of the Chernobyl accident and special health care programmes. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2006. URL: https://www.who.int/ionizing_radiation/chernobyl/who_chernobyl_report_2006.pdf (дата обращения 23.03.2021).
81. Ядерная энергетика. Опрос «ФОМнибус» 23—24 апреля 2016. Фонд «Общественное мнение». // Доминанты 16 от 28 апреля 2016 г. URL: https://bd.fom.ru/report/map/dominant/dom_1616/d161610 (дата обращения 05.08.2019).

УДК 621.039.009—621.039.6

ББК 31.47 + 31.42

Р 76

Р 76 Российский национальный доклад: 35 лет чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России. 1986—2021 / Под общ. ред. Л. А. Большова ; Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук. — М. : Академ-Принт, 2021. — 104 с. : ил. + табл. — ISBN 978-5-907375-02-4 (в пер.).

В докладе представлены результаты научных исследований и практических работ по минимизации радиологических и социально-экономических последствий аварии на Чернобыльской АЭС, которые проводились на протяжении трех с половиной десятилетий. Приведены обобщенные данные Национального радиационно-эпидемиологического регистра по дозовым нагрузкам на участников ликвидации последствий аварии и население, проанализированы основные показатели здоровья населения территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению; представлены итоги реализации целевых программ в Российской Федерации по проблемам возвращения пострадавших территорий к условиям нормальной жизнедеятельности.

Большое внимание уделено урокам чернобыльской аварии как для российской и мировой атомной отрасли, так и общества в целом. Чернобыль стал отправной точкой для развития современных систем аварийного реагирования и научно-технической поддержки значимых решений в области ядерной и радиационной безопасности. В приложении к докладу приведен перечень российских организаций, ученых и специалистов, внесших значимый вклад в решение проблем преодоления последствий чернобыльской катастрофы, в создание и развитие современной концепции культуры безопасности.

Настоящее издание представляет интерес для ученых и специалистов в области атомной энергетики и обеспечения радиационной безопасности населения и территорий, сотрудников федеральных и региональных структур государственной власти и управления, а также для широкого круга читателей, интересующихся проблемами освоения мирного атома.

ISBN 978-5-907375-02-4

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ИЗДАНИЕ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем безопасного развития атомной энергетики
Российской академии наук

Российский национальный доклад

35 лет чернобыльской аварии

Итоги и перспективы преодоления

ее последствий в России

1986—2021

Под общей редакцией Л. А. Большова

Оригинал-макет подготовлен ИБРАЭ РАН
Подготовка к изданию: Е. Л. Наконечная, С. В. Турецкий, А. И. Иоффе,
Л. Ю. Лупач, И. Е. Суркова, М. Ю. Иванов

Иллюстрации приведены в авторской редакции

Отпечатано с готовых диапозитивов ООО «Академ-Принт»
Формат 60×90 ¹/₈. Бумага матовая мелованная 135 г/м²
Печать офсетная. Гарнитура «Pt Serif», «Cuprum»
Уч-изд. л. 10,80. Усл.-печ. л. 13,25

Заказное