



ГЛОБАЛЬНЫЙ КЛИМАТ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

**Состояние и пути преодоления
последствий аварии
на Чернобыльской АЭС,
1986-2026 гг.**

ТОМ 5





МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



100-летию ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»

ГЛОБАЛЬНЫЙ КЛИМАТ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

**Состояние и пути преодоления последствий
аварии на Чернобыльской АЭС,
1986-2026 гг.**

Национальный доклад

Том 5

Москва 2026

УДК 621.039.586
ББК 40.157

**Национальный доклад «Глобальный климат и рациональное природопользование. Состояние и пути преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС, 1986–2026 гг.» / под редакцией академика РАН А. Л. Иванова. Том 5. М.: ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», 2026. 418 с.
ISBN 978-5-86921-092-0**

Национальный доклад «Глобальный климат и рациональное природопользование. Состояние и пути преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС, 1986–2026 гг.» (Том 5) подготовлен группой ведущих российских экспертов в области радиоэкологии и радиационной безопасности Межведомственного научно-экспертного совета «Глобальный климат и рациональное природопользование: нуль-эмиссия и нуль-деградация почв России (сельское и лесное хозяйство)».

В докладе представлены причины аварии, этапы ликвидации и выработки стратегических решений по преодолению её последствий для населения и окружающей среды. Проведен анализ исторической и современной радиационной (радиоэкологической) обстановки и динамики загрязнений сельскохозяйственных и лесных угодий, продукции растениеводства и животноводства, а также экономических, медицинских и социально-психологических последствий аварии. Показаны системы защитных и реабилитационных мероприятий, научное обеспечение работ по ликвидации последствий аварии. Сформулированы основные направления государственной политики по дальнейшей реабилитации населения и территорий, попавших в зону загрязнения, подготовке специалистов в области радиоэкологии и радиационной безопасности.

Монография предназначена для специалистов и преподавателей по вопросам защиты и реабилитации загрязненных радиоактивными веществами территорий. Опыт преодоления последствий чернобыльской аварии может быть полезен для изучения специалистами других стран, в том числе не имеющих на своей территории предприятий ядерного топливного цикла.

Рецензенты:

академик РАН В.Н. Егоров
(Федеральный исследовательский центр
«Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»),
академик НАН Беларуси И.М. Богдевич
(Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси)

© Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2026

ISBN 978-5-86921-092-0

Оглавление

<i>От редактора</i>	6
<i>Приветствие от Российской академии наук</i>	12
<i>Введение</i>	14
1. Исторические вехи, технические и социальные аспекты аварии на Чернобыльской АЭС	22
1.1 Причины аварии	22
1.2 Этапы ликвидации аварии и выработки стратегических решений по преодолению последствий аварии для населения и окружающей среды	23
1.3 Эффективность мероприятий по локализации и ликвидации аварии и снижению ее последствий	38
<i>Список литературы к разделу 1</i>	41
2. Радиационная (радиоэкологическая) обстановка на загрязненных территориях	43
2.1 Глобальные загрязнения искусственными радионуклидами в результате испытаний ядерного оружия	43
2.2 Масштабы загрязнения территории Советского Союза и европейских государств в результате аварии на Чернобыльской АЭС	48
2.3 Природно-климатические и почвенные характеристики наиболее загрязненных областей Российской Федерации и Республики Беларусь	53
2.4 Радиоактивное загрязнение окружающей среды в первый период после аварии	57
2.5 Современная радиоэкологическая обстановка	65
<i>Список литературы к разделу 2</i>	85
3. Сельское и лесное хозяйство: радиоэкологические последствия, современное состояние	92
3.1 Российская Федерация	93
3.1.1 Ситуация в сельском хозяйстве в острый период после аварии	93
3.1.2 Динамика загрязнений сельскохозяйственных угодий и их современное состояние	97
3.1.3 Динамика загрязнений сельскохозяйственной продукции	104

3.1.4 Защитные и реабилитационные мероприятия в различные периоды после аварии	112
3.1.5 Последствия аварии на Чернобыльской АЭС для лесных экосистем	128
3.2 Республика Беларусь	155
3.2.1 Динамика и современное состояние радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель.....	155
3.2.2 Система защитных и реабилитационных мероприятий на сельскохозяйственных землях	159
3.2.3 Динамика и современное состояние радиоактивного загрязнения земель лесного фонда.....	168
3.2.4 Ведение лесного хозяйства на территории радиоактивного загрязнения	170
3.3 Уроки Чернобыля для сельского хозяйства	179
Список литературы к разделу 3.....	182
4. Экономические, медицинские и социально-психологические последствия аварии.....	191
4.1 Преодоление социально-экономических последствий на загрязненных территориях	191
4.2 Медицинские и социально-психологические аспекты последствий аварии, реабилитация пострадавших	198
4.3 Возвращение пострадавших территорий к условиям нормальной жизнедеятельности.....	233
Список литературы к разделу 4.....	245
5. Развитие нормативной правовой базы. Научное обеспечение и международное сотрудничество.....	253
5.1 Создание и развитие нормативной правовой базы в области обеспечения социальной защиты граждан и преодоления последствий чернобыльской аварии.....	253
5.2 Формирование программных мероприятий по преодолению последствий аварии на ЧАЭС.....	266
5.3 Научное обеспечение работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС	281
5.4 Международное сотрудничество в области преодоления последствий аварии на ЧАЭС.....	289
Список литературы к разделу 5.....	299

6. Создание Единой государственной автоматизированной системы мониторинга радиационной обстановки	308
6.1 От ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС к созданию Единой государственной автоматизированной системы мониторинга радиационной обстановки	308
6.2 Особенности мониторинга радиационной обстановки на радиоактивно – загрязненных территориях	331
<i>Список литературы к разделу 6.....</i>	<i>341</i>
7. Государственная политика в области реабилитации населения и территорий, подвергшихся воздействию вследствие аварии на Чернобыльской АЭС	344
7.1 Основные итоги государственной политики в области защиты и реабилитации населения за прошедший период	344
7.2 Принципы и критерии государственной политики	350
7.3 Стратегия информационного обеспечения в условиях обширного радиоактивного загрязнения.....	352
7.4 Стратегические направления деятельности государства по дальнейшей реабилитации населения и территорий, загрязненных вследствие аварии на Чернобыльской АЭС.....	363
7.5 Подготовка специалистов по вопросам радиоэкологии и радиационной безопасности	375
<i>Список литературы к разделу 7.....</i>	<i>387</i>
<i>Глоссарий</i>	<i>394</i>
<i>Обозначения и сокращения</i>	<i>409</i>
<i>Список авторов</i>	<i>411</i>

От редактора

Пятый том Национального доклада «Глобальный климат и рациональное природопользование. Состояние и пути преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС, 1986-2026 гг.» посвящен одной из крупнейших техногенных катастроф в мировой атомной энергетике.

26 апреля 1986 года – дата, которая с болью отозвалась в сердцах миллионов советских граждан. 40 лет прошло с момента разрушения 4-го энергоблока Чернобыльской АЭС, в атмосферу было выброшено около 50 МКи радиоактивных аэрозолей и материалов, которые воздушными потоками охватило сотни и тысячи километров от станции, что привело к радиоактивному загрязнению огромных территорий европейской части Советского Союза.

Авария затронула судьбы многих миллионов людей, проживающих на этих территориях, явилась мощным деструктивным фактором социально-экономического развития пострадавших регионов и привела к серьёзным проблемам радиоэкологического, медицинского, социально-экономического, демографического и психологического характера.

Подчеркнем, что проблема широко обсуждалась в г. Гомель 29 и 30 апреля 2026 года на заседании постоянно действующего семинара при Парламентском Собрании Союза Беларуси и России «Наследие Чернобыля. Итоги 40-летней работы по преодолению последствий аварии на Чернобыльской АЭС».

Участниками также было отмечено, что 40-летие Чернобыля – это возможность переосмыслить его последствия в исторической перспективе, проанализировать эволюцию общественного восприятия катастрофы, роль государства и СМИ в формировании представлений о радиационной опасности, что важно для предотвращения подобных ситуаций в будущем и формирования ответственного отношения к техногенным рискам.

Тема катастрофы на ЧАЭС актуальна вследствие ее междисциплинарного характера. Исследования в этой области способствуют развитию радиационной экологии, медицины, социальной науки, экономики и технологий безопасности. Понимание долгосрочных последствий трагедии помогает совершенствовать подходы к управлению рисками в атомной энергетике, разрабатывать стратегии реабилитации загрязненных территорий и поддерживать пострадавшие это- и социумы. Кроме того, эта тема служит напоминанием о хрупкости баланса между технологическим прогрессом и ответственностью за его последствия.

За прошедшие годы проделана огромная работа по локализации и ликвидации аварии, реабилитации населения и загрязненных территорий. В этой работе плечом к плечу принимали участие военные и гражданские специалисты различных министерств и ведомств. Неоценим подвиг пожарных, предотвративших дальнейшее развитие катастрофы, а также сотен тысяч «ликвидаторов», ученых и управленцев. В их действиях слились воедино мужество, преданность долгу, стойкость и самопожертвование.

Сегодня мы продолжаем вспоминать события прошедших лет, осмысливать уроки Чернобыля, анализировать действия государственных органов и рядовых граждан по преодолению последствий крупнейшей техногенной катастрофы XX века. Мы должны хорошо помнить прошлое, анализировать весь мировой опыт радиационной безопасности и защиты населения, сделать выводы и, понимая свою ответственность перед будущими поколениями, не допустить подобных чрезвычайных ситуаций.

Задачи науки многогранны. В частности, продолжаются исследования процессов миграции радионуклидов в экосистемах и их влияния на растения, животных и микроорганизмы. Активность долгоживущих радионуклидов в объектах природной среды субъектов Российской Федерации, загрязненных после катастрофы на Чернобыльской АЭС, стабильно уменьшается вследствие

миграции радионуклидов вглубь почвы и естественного радиоактивного распада. Однако данные концентрации остаются значимо выше фоновых показателей незагрязненных территорий. В результате загрязненные территории являются источником дополнительного радиоактивного воздействия для соседних незагрязненных районов, что особенно заметно при возникновении неблагоприятных метеорологических и природных условий, например, сильных ветров и пожаров. В связи с этим на соответствующих территориях необходимо продолжать проведение радиационного мониторинга, а также проводить специальные радиоэкологические обследования как для контроля радиационной обстановки, так и для научных целей.

Выход 5-го тома Национального доклада в год 40- годовщины катастрофы - весьма важное событие. Это очередной рубеж пройденного пути, повод для осмысления выполненных мероприятий, анализа научной и практической деятельности в ходе преодоления последствий аварии на ЧАЭС, извлечения уроков и постановки задач на будущее. Доклад будет полезен различным категориям исследователей и практиков от студентов, аспирантов и преподавателей ВУЗов до специалистов и управленческого персонала хозяйствующих субъектов в области сельского и лесного хозяйства.

Работа выполнена в соответствии с утвержденным планом работы Межведомственного экспертного совета (группы экспертов) на общественных началах. Научное руководство подготовкой доклада выполнено членом-корреспондентом РАН Вороновым С.И. В состав непосредственных исполнителей вошли многие уважаемые ученые и практики:

Воронов С.И., Иванов А.Л., Большов Л.А., Лобачевский Я.П., Багиров В.А., Козлов Д.Н., Романенко Г.А., Каракотов С.Д., Фесенко С.В., Апарин Б.Ф., Бакуменко Л.С., Беляев А.И., Болотов А.Г., Вильфанд Р.М., Воронов О.С., Гаврилов С.Л., Голосов В.Н., Духанин Ю.А., Духанина Т.М., Жидкин А.П., Иванов М.М., Иванова Е.А., Иванова Н.Н., Имшенник Е.В., Исаев В.А., Катцов В.М., Кирюшин В.И., Красильников П.В., Крышев И.И.,

Кузнецов В.К., Кулик К.Н., Левченко Е.А., Леонов В.И., Линге И.И., Мамихин С.В., Мартынюк А.А., Марченко Т.А., Мингареева Е.В., Москалева Т.П., Нахутин А.И., Паштецкий В.С., Попов Е.В., Порфирьев Б.Н., Прудников П.В., Радин А.И., Раздайводин А.Н., Романовская А.А., Рыбальский Н.Г., Савин И.Ю., Санжарова Н.И., Седнев В.А., Семенов С.М., Сухачева Е.Ю., Сысоев Г.В., Сычев В.Г., Таранов А.А., Тихонович И.А., Торшин С.П., Тютюма Н.В., Федоров М.М., Финогенов А.А., Цыбулько Н.Н., Чуков С.Н., Шамшурина Е.Н., Шевченко В.А., Шершаков В.М., Щеглов А.И.

С большим удовольствием представляю министерства и ведомства, материалы которых были задействованы при подготовке Национального доклада:

Минобрнауки России,
Минсельхоз России,
МЧС России,
Минэнерго России,
Минздрав России,
Росгидромет,
Российская академия наук.

Были использованы материалы исследований федеральных научных и исследовательских центров, институтов, высших образовательных организаций, ведомственных учреждений и организаций бизнеса:

Федерального исследовательского центра «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»,

Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук,

Курчатовского комплекса радиологии и агроэкологии НИЦ «Курчатовский институт»,

Института глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля,

Научно-производственного объединения «Тайфун»,

Гидрометеорологического научно-исследовательского центра
Российской Федерации,
Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова,
Государственного научного центра Российской Федерации «Всероссий-
ский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обо-
роны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (федеральный центр),
Института народнохозяйственного прогнозирования Российской
академии наук,
Агрохимической службы России,
Акционерного общества «Щелково Агрохим»
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова,
факультета почвоведения,
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова,
географического факультета,
Санкт-Петербургского государственного университета, биологического
факультет,
Российского государственного аграрного университета – МСХА
им. К.А. Тимирязева, кафедры агрономической, биологической химии и ра-
диологии,
Брянского филиала Федерального государственного бюджетного учре-
ждения «Агрохимическая служба России»,
Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и
механизации лесного хозяйства,
Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук,
Федерального научного центра гидротехники и мелиорации
имени А.Н. Костякова,
Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии
им. Д.Н. Прянишникова,

Научно-исследовательского института сельского хозяйства Крыма,
Прикаспийского аграрного федерального научного центра Российской
академии наук,

Центрального музея почвоведения имени В.В. Докучаева – филиала
Федерального государственного бюджетного научного учреждения
Федерального исследовательского центра «Почвенный институт имени В.В.
Докучаева»,

Финансового университета при Правительстве Российской Федерации,
Международного государственного экологического института
им. А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета,

Национального информационного агентства «Природные ресурсы».

Председатель Межведомственного
научно-экспертного совета – группа
экспертов «Глобальный климат и
рациональное природопользование:
нуль-эмиссия и нуль-деградация почв
России (сельское и лесное
хозяйство)», согласованного
помощником Президента Российской
Федерации, академик РАН



А.Л. Иванов

Приветствие от Российской академии наук

Сорок лет назад, 26 апреля 1986 года, на Чернобыльской атомной станции произошла крупнейшая радиационная авария, которая по своему воздействию на природную среду и отрасли экономики ранее не имела аналогов в мире. В результате обширные территории бывшего Советского Союза (Украина, РСФСР и Белоруссия), а также ряда европейских государств (Финляндия, Польша, Германия, Италия, Великобритания и др.) подверглись серьезному загрязнению радиоактивными веществами.

Чернобыльская трагедия коснулась судеб миллионов граждан этих стран. Только на территории РСФСР в зоне с плотностью загрязнения ^{137}Cs свыше 37 кБк/м² оказались около семи тысяч населенных пунктов, в которых проживало более 3,3 млн. человек.

Особенно негативно авария повлияла на дальнейшее развитие сельского хозяйства, которое оказалось наиболее уязвимым. Из-за высокой плотности загрязнения на значительной территории было прекращено или ограничено производство сельскохозяйственной продукции. Сложность и комплексный характер возникших проблем потребовали широкого привлечения научных сил СССР к снижению последствий аварии для населения и окружающей среды. Можно с уверенностью сказать, что ученые профессионально справились с поставленной задачей по минимизации воздействия радиации на аграрные и природные биogeоценозы. Применение защитных и проведение реабилитационных мероприятий в сельском хозяйстве привело к значительному снижению как индивидуальных, так и коллективных доз облучения населения. Сегодня нам важно не утратить приобретенный в те годы опыт проведения всего комплекса профилактических и восстановительных мероприятий.

Изложенные в представленном докладе факты и выводы являются итогом многолетней работы коллективов научных учреждений и специалистов по проблематике Чернобыля. Издание, подготовленное по инициативе ФИЦ

«Почвенный институт им. В.В. Докучаева», позволит читателю получить полное и объективное представление о решённых за предыдущие годы научных, практических проблемах, сохраняющихся экологических и социальных рисках, стратегических задачах государственной политики и научного сообщества.

Состояние и пути решения проблем в сельском хозяйстве вследствие аварии на Чернобыльской АЭС обстоятельно рассмотрены на заседании Бюро Отделения сельскохозяйственных наук РАН, в ходе которого сформулирована основная задача научного сообщества (во взаимодействии с органами исполнительной власти всех уровней): полное возвращение пострадавших территорий к условиям нормальной жизнедеятельности без ограничений по радиологическим критериям. Профильным научным учреждениям рекомендовано сконцентрироваться на научных исследованиях в области повышения эффективности радиологических и технологических мероприятий по защите и реабилитации загрязнённых территорий, а также на выработке новых научных подходов и решений по нормализации жизни и работы населения, функционирования сельскохозяйственных и лесохозяйственных предприятий.

Выражаю глубокую признательность авторскому коллективу Национального доклада (том 5), насчитывающего более 60 человек, министерствам и ведомствам Российской Федерации активно поддерживающих эту разработку.

Вице-президент РАН,
академик РАН



Н.К. Долгушкин

Введение

Авария на четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС с разрушением реактора и выбросом значительного количества радиоактивных веществ в окружающую среду привела к крупнейшей техногенной катастрофе с экологическими последствиями в истории человечества. По масштабам радиоактивного выброса и его экологических последствий она намного превзошла наиболее серьезные из произошедших до и после нее аварии: в Уиндскейле (Великобритания, 1957 г.), на объекте «Маяк» (СССР, 1957 г.), Три Майл Айленде (США, 1979 г.), АЭС «Фукусима-1» (Япония, 2011 г.). Выброшенные из разрушенного реактора в атмосферу продукты деления ядерного топлива были разнесены воздушными потоками на значительные территории, обусловив их радиоактивное загрязнение не только вблизи АЭС в границах Украины, России и Белоруссии, но и за сотни и даже тысячи километров от места аварии. Радиоактивному загрязнению с уровнями выше 1 Ки/км² (37 кБк/м²) подверглись территории 17 стран.

Всего за первые три года после чернобыльской катастрофы в 30-километровой зоне работало около 189 тыс. человек. Эти люди делали все возможное, чтобы минимизировать её последствия. После распада СССР все работы по ликвидации последствий чернобыльской катастрофы, включающие контроль за радиационной обстановкой, снижение доз облучения населения, реабилитацию загрязненных территорий, оказание медицинской помощи и социальной защиты населения в Российской Федерации, Украине и Республике Беларусь, проводились отдельно. В Российской Федерации эти работы проводились в основном в рамках федеральных, государственных и межгосударственных программ. Работы по ликвидации последствий чернобыльской катастрофы проводятся до настоящего времени. Несмотря на многолетние усилия, до сих пор не все последствия катастрофы удалось полностью преодолеть, од-

нако основная задача — минимизация ущерба здоровью населения, несомненно, выполнена. За прошедшие годы большая работа по обеспечению безопасности от радиационных аварий и катастроф проведена в рамках деятельности международных организаций (НКДАР ООН, МАГАТЭ, ВОЗ и др.). Вышло большое количество аналитических публикаций, оценивающих реальную постчернобыльскую ситуацию в загрязненных радиоактивными веществами регионах Белоруссии, Российской Федерации и Украины. Также проведена большая работа по недопущению таких катастроф и аварий.

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.

Для понимания основных проблем, связанных с преодолением последствий чернобыльской катастрофы, оценки эффективности сделанных шагов и исключения ошибочных решений необходим объективный анализ всех фаз организации работ.

Такой анализ изложен в представленной монографии.

В первом разделе монографии рассмотрены технические аспекты возникновения катастрофы и предшествовавших ей событий; организация управления работами по ликвидации её последствий, в том числе действия Правительственной комиссии в 1986 г.; первоочередные мероприятия по защите населения и охране окружающей среды; порядок создания и развития системы

управления работами по преодолению долговременных последствий катастрофы на ЧАЭС. Оценена эффективность и необходимость выполнения проведенных мероприятий.

На 40-летнем историческом рубеже важно рассмотреть последствия чернобыльской катастрофы на основе анализа имеющейся базы объективных данных и оценить эволюцию взглядов на вопросы ликвидации катастроф и аварий аналогичных чернобыльской.

Важно понять, какова реальная доля радиационного фактора в ущербе, нанесенном обществу чернобыльской катастрофой, и в первую очередь в сфере экологии и здоровья. Радиологические последствия катастрофы подробно рассматриваются во втором, третьем и четвертом разделах монографии.

Второй раздел посвящен вопросам оценки масштабов радиоактивного загрязнения территории Советского Союза как в результате проведения ядерных испытаний, так и её изменения в результате чернобыльской катастрофы. Приведены данные о масштабах загрязнения европейских государств в результате чернобыльской катастрофы. Также показано зонирование загрязненных территорий и изменение радиационной обстановки во времени на территории Российской Федерации в различных средах (почве, воздухе и водной среде) с учетом природно-климатических, водных и почвенных характеристик наиболее загрязненных областей Российской Федерации и Республики Беларусь

Материалы раздела показывают, что происходит постепенное снижение загрязнения объектов окружающей среды в основном в результате радиоактивного распада. Согласно данным мониторинга по прошествии 40 лет после Чернобыльской аварии большая часть ^{137}Cs находится в верхнем слое почвы толщиной 5-10 см, в результате чего по-прежнему происходит поступление этого радионуклида в объекты живой природы. Для ряда территорий аварийного следа по-прежнему остаются загрязненными существенно выше фоновых значений грибы, ягоды, дикие животные, озерная рыба.

При этом отмечается, что загрязнение радиоактивными веществами не повлекло за собой серьезных изменений в состоянии объектов живой природы.

В третьем разделе приведены результаты многолетних исследований влияния радиоэкологических последствий чернобыльской катастрофы на сельские и лесные хозяйства. В составе радиоактивных выпадений преобладали биологически очень подвижные ^{90}Sr , ^{131}I и ^{137}Cs , которые интенсивно мигрируют и накапливаются в сельскохозяйственной продукции.

Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs в лесах характеризуется высокой пространственной неоднородностью, что обусловлено как характером радиоактивных выпадений в период аварии, так и перераспределением радионуклидов в пространственно-сложных лесных экосистемах. Вертикальное распределение радионуклида по почвенному профилю изменяется довольно медленно. Приведены данные по многочисленным исследованиям распространения радионуклидов в почве, водных и лесных ресурсах.

Вопросам радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных и лесных земель в результате чернобыльской катастрофы в Российской Федерации и в Республике Беларусь уделяется огромное внимание в силу важности проблемы и чувствительности населения к ней. Введенные органами власти многочисленные ограничения существенно повлияли на условия жизни людей, особенно в сельской местности. Во многих случаях ограничения вводились и на разные виды хозяйственно-экономической деятельности, в том числе в сельском и лесном хозяйстве. Введение этих мер действительно обеспечило эффективное снижение доз внутреннего облучения людей, особенно в начальный период (1986—1989 гг.), но пролонгация этих запретов и ограничений способствовала формированию среди населения неадекватного восприятия реальных последствий аварии и повышению социально-психологической напряженности.

На настоящем этапе важно сохранить накопленный опыт, проанализировать реальные угрозы и учесть уроки, которые были получены на всем временном промежутке проведения пост-аварийных мероприятий в области исследования влияния радиоактивного загрязнения на сельское и лесное хозяйство, эволюция этих процессов и пути возвращения пострадавших территорий к условиям нормальной жизнедеятельности.

В четвертом разделе приведены данные об экономических и социальных последствиях чернобыльской катастрофы, показано, что в силу сложности и большого масштаба события даже подсчет прямого ущерба от данного события представляет большие трудности и сопряжен с существенной неопределенностью, а косвенный ущерб практически не поддается корректному подсчету и может составлять до 1 трлн. долларов.

Рассмотрены и обоснованы пути возвращения пострадавших территорий в Российской Федерации и в Республике Беларусь к условиям нормальной жизнедеятельности.

В четвертом разделе также показано, что программно-целевой подход в преодолении последствий Чернобыльской катастрофы позволил реализовать эффективную систему социальной защиты, медицинской помощи, санаторно-курортного лечения и оздоровления пострадавшего населения, а также обеспечить социально-экономическое развитие территорий, загрязненных в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

В данном разделе также приводятся данные о состоянии здоровья ликвидаторов и населения, проживающего на загрязненных после аварии на ЧАЭС территориях, накопленных за длительный период наблюдений, осуществляемых в рамках деятельности Национального радиационно-эпидемиологического регистра. Сорокалетний опыт работ показал, что радиационным воздействием были обусловлены случаи острой лучевой болезни у пожарных и работников Чернобыльской АЭС, находившихся на месте аварии в первые сутки после взрыва, а также случаи выявления онкологических заболеваний у

населения, обусловленных раком щитовидной железы у детей (на момент аварии) в Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областях и повышенная заболеваемость лейкозами среди российских ликвидаторов, получивших дозы облучения выше 150 мЗв. Общие показатели смертности среди ликвидаторов и жителей загрязненных после чернобыльской аварии регионов России находятся в пределах соответствующих значений для населения страны в целом.

В четвертом разделе также приведены данные о социально-психологических последствиях радиационных аварий и психологические особенности восприятия радиационного фактора населением. Чернобыльская катастрофа повлекла за собой не только масштабные экологические последствия, но и стала причиной негативных социальных процессов, связанных с массовым переселением людей с территорий радиоактивного загрязнения, изменением сложившихся стереотипов жизни, включая условия работы, питания и прочего. В результате сорокалетних усилий в Российской Федерации и в Республике Беларусь была создана принципиально новая высокотехнологическая отрасль медицины – радиологическая, призванная обеспечить медицинское обслуживание людей, пострадавших от радиационных факторов.

В пятом разделе охарактеризовано важное направление в проблеме ликвидации последствий чернобыльской катастрофы – создание и развитие нормативной правовой базы в области обеспечения социальной защиты граждан, а также организация научного обеспечения мероприятий по снижению последствий аварии.

Показано, что международным сообществом принят ряд нормативных документов, регламентирующих межгосударственное взаимодействие при возникновении радиационных аварий. Разработано значительное количество нормативных документов Российской Федерации, в том числе и на законодательном уровне. Значительное влияние чернобыльская катастрофа оказала на национальное экологическое законодательство.

Существенный импульс после чернобыльской катастрофы получили научные исследования как в области ядерной и радиационной безопасности, так и в радиологии, в том числе медицинской. Созданы новые научные центры, направления и школы в указанных областях. В основном реализация научных направлений осуществлялась в рамках государственных, целевых программ Российской Федерации и межгосударственных программ.

В шестом разделе показано, что в случае радиационных аварий и катастроф максимальный эффект от принимаемых решений можно достичь в начальный период (ранней фазе) аварии. Однако, процесс анализа ситуации и принятия решений в условиях такого события невозможен без оперативной системы радиационного мониторинга, автоматического получения, накопления и обработки данных, применения компьютерных моделей распространения радиоактивных веществ в окружающей среде и системы поддержки принятия решений по защите населения и окружающей природной среды, работающих практически в реальном масштабе времени.

Для реализации таких условий необходима была эффективная система радиационного мониторинга в стране, поэтому была создана Единая государственная автоматизированная система контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации (ЕГАСКРО), структура которой, основные задачи и требования к которой изложены в шестом разделе монографии. Данная система в дальнейшем по мере совершенствования и расширения возможностей в 2011 году была преобразована в Единую государственную автоматизированную систему мониторинга радиационной обстановки (ЕГАСМРО), состав которой претерпел существенные изменения в сторону совершенствования её автоматизации, а также территориального и функционального расширения.

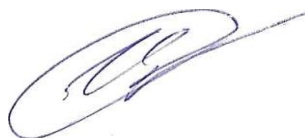
В шестом разделе также изложены особенности мониторинга радиационной обстановки на радиоактивно-загрязненных территориях, которые по-

требовали в дополнение к ЕГАСМРО создание комплексных систем мониторинга за состоянием защиты населения (КСМ-ЗН), структура, задачи и состав которых также приведены в этом разделе.

В седьмом разделе сформулированы основные задачи деятельности государства в дальнейшем для обеспечения высокой эффективности мер по реабилитации населения и территорий, подвергшихся радиационному воздействию вследствие чернобыльской катастрофы, по следующим направлениям:

- основные принципы и критерии государственной политики в области обеспечения радиационной безопасности населения и территорий при угрозах возникновения и при возникновении радиационных аварий и катастроф;
- информационного обеспечения в условиях обширного радиоактивного загрязнения территорий;
- деятельность государства по дальнейшей реабилитации населения и территорий, загрязненных вследствие чернобыльской катастрофы;
- подготовка специалистов по вопросам радиоэкологии, медицинской радиологии и радиационной безопасности.

Научный руководитель 5 тома
Национального доклада,
член-корреспондент РАН



С.И. Воронов

1. Исторические вехи, технические и социальные аспекты аварии на Чернобыльской АЭС

1.1 Причины аварии

Авария с катастрофическими последствиями для окружающей среды и населения Советского Союза произошла ровно 40 лет назад (26 апреля 1986 г.) на 4-м энергоблоке Чернобыльской АЭС (реактор типа РБМК-1000), промышленный пуск которого состоялся в декабре 1983 г. Это самая крупная в истории мировой атомной энергетики авария, которая произошла в результате проблем в системе управления и регулирования безопасности в атомной энергетике СССР. Ей предшествовали две аварии на реакторах РБМК (Ленинградская АЭС — ЛАЭС, 1-й блок в 1975 г. и Чернобыльская АЭС, 1-й блок в 1982 г.), которые выявили серьезные недостатки в эксплуатационных характеристиках энергоблоков РБМК. При этом в ходе проведения физических пусков РБМК-1000 второго поколения и РБМК-1500 ученые Курчатовского института еще до аварии на ЧАЭС обнаружили эффекты аномального поведения реактивности при вводе регулирующих стержней в активную зону, однако выводы, к сожалению, сделаны не были (Авария на Чернобыльской АЭС ..., 1986).

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).

Рассматривалось несколько причин аварии, на ЧАЭС, однако, в ходе исследований был сделан вывод о её системном характере. Техническое несовершенство конструкций реактора сочеталось с отсутствием межведомственного и внутриведомственного информирования о нарушениях в работе на других АЭС и пренебрежительным отношением к установленным правилам и нормам безопасности на всех уровнях управления атомными станциями.



Рисунок 1.1 - Площадка ЧАЭС с разрушенным энергоблоком, 1986 г.

1.2 Этапы ликвидации аварии и выработки стратегических решений по преодолению последствий аварии для населения и окружающей среды

С масштабом и сложностью локализации и ликвидации крупнейшей радиационной аварии и её катастрофических последствий человечество столкнулось впервые, и для решения этой проблемы потребовались огромные усилия всего Советского Союза. Решение данной проблемы целесообразно рассматривать поэтапно, как две составляющие: локализация и ликвидация самой аварии на АЭС и снижение её последствий для населения и окружающей среды.

Временные этапы развития самого события условно можно разделить на три этапа: оперативный (с 26 апреля по 15 мая), тактический (с 15 мая до конца 1986 года) и стратегический (1987 – 1989 годы) (Авария на Чернобыльской АЭС ..., 1986; 10 лет Чернобыльской катастрофы ..., 1996; 20 лет ..., 2006; 25 лет ..., 2011; 30 лет ..., 2016; 35 лет ..., 2021).

Хроника событий первых суток

Практически одновременно после произошедших взрывов и разрушений в 01:24 на пульт дежурного СПЧ-2 (по охране ЧАЭС) поступил сигнал о возгорании на АЭС. К станции выехал дежурный караул пожарной части 14 человек. Руководитель караула, приняв руководство тушением пожара на себя, по рации передал сообщение на пульт дежурного пожарной части по охране г. Припяти (СВПЧ-6) о помощи. Из СВПЧ-6 прибыл дежурный караул в составе 10 человек. По цепочке было передано сообщение о возгорании высокого номера сложности, по которому к станции должны прибыть пожарные подразделения Киевской и близлежащих областей. Руководство тушением пожара взял на себя прибывший на станцию майор Телятников. После прибытия первого караула началось тушение пожара на крыше машинного зала и в реакторном зале. Серьезнее всего пострадали пожарные, тушившие реакторный зал. К 4 часам утра пожар локализовали, а уже к 6 часам полностью потушен. Всего принимало участие в тушении пожара 69 человек личного состава и 14 единиц техники. Наличие высокого уровня радиации достоверно установили только к 3.30. Пожарные не дали огню перекинуться на 3 блок (3 и 4 блоки соединены переходом). Из средств защиты у пожарных была только боевка (брезентовая роба), каска и рукавицы. В противогазах КИП-5 было невозможно работать из-за высокой температуры горения, их пожарные снимали в первые 10 минут боевой работы. Вместо огнестойкого покрытия (как было положено по инструкции) крыша машинного зала была залита обычным горючим битумом. Примерно к 2 часам ночи появились первые пораженные из числа пожарных.

У пораженных стала проявляться слабость, рвота, «ядерный загар», после снятия рукавиц слезала и кожа с рук. Помощь им оказывали на месте (медпункт станции), потом переправляли в городскую больницу Припяти. Все работавшие на крыше пожарные получили высокие дозы облучения, у многих были обширные ожоги. Первую группу пораженных (28 человек) 27 апреля отправили самолетом в Москву в 6-ю радиологическую больницу. Несмотря на активное лечение, включая трансплантацию костного мозга, 28 человек из числа пожарных и персонала ЧАЭС умерли в первые сто дней после аварии.

Уровни радиации на территории разрушенного энергоблока в первые часы аварии были неизвестны, так как из двух имевшихся приборов измерителей экспозиционной дозы гамма-излучения один вышел из строя, а другой попал под завалы. Состояние реактора также было неизвестно.

В первые часы после аварии принято ошибочное решение обеспечить подачу воды в активную зону реактора для её охлаждения. Эти усилия оказались бесполезными, так как и трубопроводы и сама активная зона были разрушены, при этом они требовали ведения работ в зонах с высокими уровнями радиации. Другие действия персонала станции по тушению локальных очагов пожаров, предотвращению возможного взрыва водорода и некоторые другие, напротив, были необходимы, возможно, они предотвратили ещё более серьёзные последствия аварии. При выполнении этих работ многие сотрудники станции получили значительные дозы облучения.

Что касается оперативных действий, то в первые дни основные усилия направили на снижение радиоактивных выбросов из разрушенного реактора и предотвращение ещё более серьёзных последствий. Комиссия оперативно приняла решение по остановке 1-го и 2-го энергоблоков АЭС, загрузки в разрушенный реактор стабилизирующих материалов, а также эвакуации населения города Припяти и поселка Янов. Создавались подкомиссии по конкретным направлениям ликвидации и локализации аварии и минимизации ее последствий для населения и окружающей среды.

С первых же минут и часов после аварии требовалось осуществление срочных и неординарных мер, в том числе и таких, решения по которым не могли быть приняты на местном уровне. Только благодаря своевременному прибытию в район аварии Правительственной комиссии и оперативной оценке сложившейся и прогнозируемой радиационной обстановки как чрезвычайной были своевременно приняты важные решения по защите населения и оказанию медицинской помощи пострадавшим при аварии.

Эвакуация

К исходу первых суток после аварии в городе Припять значительно возросла мощность дозы гамма-излучения: с 14—60 до 400—540 мР/ч (от 0,14—0,60 до 4,0—5,4 мЗв/ч).

В связи с этим Правительственная комиссия приняла решение о срочной эвакуации всех жителей этого города, в основном используя автотранспорт, вывозя людей автобусами прямо от подъездов жилых домов. Принятие этого решения было основано на положениях нормативного документа «Критерии для принятий решений о мерах защиты населения в случае аварии на атомном реакторе», действовавшего в СССР в те годы. Согласно этому документу, первый критерий для принятия мер безопасности (критерий «А») определялся уровнем внешнего облучения до 0,25 Гр и общим облучением щитовидной железы в 0,25—0,30 Гр. В случае, если прогнозируемая доза облучения не достигает этих уровней или близка к ним, никаких особых мероприятий, кроме йодной профилактики и соблюдения рекомендаций общегигиенического характера, не требуется. При уровне внешнего облучения от 0,25 до 0,75 Гр (критерий «Б») проводятся мероприятия, связанные с профилактикой и укрытием населения в зависимости от местных условий (Критерии ..., 1990).

Крайним решением в этих случаях может являться эвакуация, однако ее проведение становится обязательным, лишь когда прогнозируемая доза внешнего гамма-облучения может стать больше 0,75 Гр. Ситуация в Припяти была

такова, что уровни радиации уже достигли критерия «А» и, хотя к вечеру 26 апреля 1986 г. еще не достигали критерия «Б», такой вариант развития ситуации в городе мог реализоваться. Проведенный в ночь на 27 апреля обход всех жилых домов показал, что общее число жителей на этот день составляло примерно 47 тыс. человек, в том числе около 17 тыс. детей и 80 лежащих больных. К полудню 27 апреля на второстепенных дорогах в районе Чернобыля было сосредоточено более 1200 автобусов (из них 100 резервных) и примерно 200 бортовых грузовых автомобилей. На железнодорожной станции Янов были подготовлены два дизель-поезда на 1500 мест. В 13 ч 10 мин по местному радио передали сообщение Припятского горисполкома об эвакуации населения, и в 13 ч 50 мин жителей города собрали у подъездов домов, а в 14 ч к этим подъездам подали автобусы, и началась посадка людей. Одновременно среди части жителей города была проведена йодная профилактика. Затем в сопровождении машин ГАИ автобусы направились к пунктам дезактивации в Ивановском, Вышгородском и других районах Киевской области, а уже оттуда — в места расселения в деревнях. В 16 ч 30 мин эвакуация Припяти была практически завершена. Большинство людей вывезли на автобусах, часть — поездами и теплоходами. Некоторые отбыли на личном транспорте. Во время эвакуации было прервано движение судов на реке Припять и закрыта железнодорожная станция Янов. Для эвакуации населения военные саперы дополнительно навели понтонный мост через Припять, по которому и прошла часть автобусов. Фактическое число эвакуированных жителей города Припяти составило 49 360 человек. В тот же день была проведена эвакуация людей с железнодорожной станции Янов (254 человека), а спустя три дня — из села Бураковка (226 жителей). Оперативно и эффективно решались вопросы оказания медицинской помощи пострадавшим и эвакуации их в лечебные учреждения. Так, менее двух суток понадобилось для доставки наиболее пострадавших в специализированные клиники Москвы и Киева.

Проведенные в ночь на 2 мая 1986 г. расчеты показали, что в случае повторных выбросов радионуклидов из разрушенного реактора население может получить дозы превышающие детерминированные пороги облучения. На основании этих расчетов, комиссия приняла решение об эвакуации населения из 30-километровой зоны аварии. Первоначально, в течение суток (с 18 ч 2 мая и до 19 ч 3 мая 1986 г.), эвакуированы жители населенных пунктов, расположенных в 10-километровой зоне от станции (9864 человека), а через трое суток еще 13 591 человек из Чернобыля. На Белорусской территории в период со 2 по 7 мая эвакуированы жители 51 населенного пункта (11 358 человек), а на Украине с 3 по 7 мая население 42 населенных пунктов численностью 14 542 человека. Общее число эвакуированных жителей по состоянию на 8 мая составило 99 195 человек. С 14 мая по сентябрь 1986 г. дополнительно эвакуировано 17 122 человека, 186 из них из Брянской области. Всего из 30-километровой зоны и г. Припять эвакуировано порядка 150 тыс. чел., в том числе по понтонному мосту, наведенному военными инженерами через реку Припять.

Локализация очага аварии

Выброс радионуклидов продолжался в течение двух недель, но наиболее активно в первые двое суток, за счет большого количества разогретых до высоких температур остатков ядерного топлива и конструкционных материалов. С целью снижения температуры в реакторной зоне и активности выброса принято решено забросить в шахту реактора теплоотводящие и фильтрующие материалы с применением армейских вертолетов. С 27 апреля по 10 мая 1986 г. в шахту сброшено около 5000 т соединений бора, доломита, песка, глины, свинца и других инертных материалов. Цель была достигнута, однако эти меры из-за уменьшения процесса теплосъема привели к существенному повышению температуры в шахте реактора, возможности расплавления нижней его части и попадания топлива в барботеры, что, в свою очередь, могло привести к мощному парообразованию и еще большему выбросу радиоактивных аэрозолей в окружающую среду.

В целях подготовки принятия решений специалистами Института атомной энергии им. Курчатова (ИАЭ) проведены оценки возможной активности выброса, а специалистами Института биофизики (ИБФ) Минздрава СССР и Всесоюзного научно-исследовательского института по эксплуатации атомных электростанций (ВНИИАЭС) — оценки возможных уровней облучения людей. Для недопущения расплавления активной зоны ядерного реактора из-за остаточного тепловыделения в топливе, остающемся в реакторе, и попадания его в грунт шахтёры за месяц вырыли под реактором 136-метровый тоннель и соорудили бетонную охлаждаемую защиту. Для предотвращения загрязнения грунтовых вод и реки Днепр в грунте вокруг станции соорудили защитную стену глубиной местами до 30 метров, препятствующую миграции радионуклидов с подземными водами за территорию промплощадки ЧАЭС. Также за 10 дней инженерные войска отсыпали дамбы на реке Припять и построили гидротехнические сооружения.

Уже 16 мая, на заседании Комиссии принято решение о долговременной консервации разрушенного энергоблока, а 20 мая издан приказ Министерства среднего машиностроения «Об организации управления строительства на Чернобыльской АЭС» (УС-605), в соответствии с которым начались работы по созданию сооружения «Укрытие». Возведение этого объекта с привлечением около 90 тыс. строителей продолжалось 206 дней с июня по ноябрь 1986 г. В процессе строительства «Укрытия» уложено свыше 400 тыс. м³ бетона и смонтированы 7 000 т металлоконструкций. Сооружение саркофага над 4 – м энергоблоком ЧАЭС (сложнейшее инженерное сооружение высотой более 50 м и внешними размерами 200x200 м) позволило прекратить выбросы радиоактивных элементов в атмосферу. А уже 30 ноября 1986 г. законсервированный 4-й энергоблок Чернобыльской АЭС решением Государственной комиссии принят на техническое обслуживание.

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) 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 построен город Славутич. На выбранных для строительства города территориях и поблизости имелись очаги повышенного радиоактивного загрязнения, что потребовало выполнения дополнительных работ. В эти годы также выполнен значительный объем работ по обращению с радиоактивными отходами (РАО).

К концу третьего этапа 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. Акценты сместились с ликвидации последствий аварии к их минимизации, и на первый план вышла задача обеспечения безопасности населения загрязненных территорий.

Система управления

Уже 26 апреля 1986 г. в 10.00 начала работу Правительственная комиссия по расследованию причин аварии на Чернобыльской АЭС (далее – Комиссия) во главе с заместителем председателя Совета Министров СССР Б. Е. Щербиной, которая в этот же день в 16:00 вылетела из Москвы в район аварии, а по прибытии в 20.30 состоялось ее первое заседание, на котором все руководство работами по локализации и ликвидации аварии и её последствий для насе-

ления и окружающей среды Комиссия взяла на себя. В состав комиссии входили министр энергетики и электрификации СССР А. И. Майорец, первый заместитель министра среднего машиностроения СССР А. Г. Мешков и другие высокопоставленные представители министерств и ведомств. От Академии наук СССР в комиссию вошел академик В. А. Легасов, а Министерство здравоохранения СССР представлял первый заместитель министра А. И. Воробьев. Основными задачами Комиссии стали:

- анализ причин аварии и разработка на их основе рекомендаций по недопущению подобных ошибок на АЭС страны;
- разработка оперативных мероприятий по локализации аварии и ликвидации ее последствий;
- защита населения от воздействия радиоактивных веществ, выброшенных из взорвавшегося реактора.

Комиссия в зоне ЧАЭС координировала и контролировала деятельность всей сложной организационной структуры по ликвидации последствий аварии: оперативные группировки сил и средств, организации и учреждения более 40 министерств и ведомств, воинских и других формирований, республиканских и местных органов исполнительной власти, участвовавших в преодолении последствий аварии.

В мае - августе 1986 г. непосредственно в районе проведения работ по ликвидации и локализации аварии Комиссию возглавляли поочередно заместители Председателя Совета Министров СССР И. С. Силаев, Л. А. Воронин, Ю. Д. Маслюков, В. К. Гусев и Г. Г. Ведерников. К осени 1986 г. Правительственную комиссию по расследованию причин аварии на Чернобыльской АЭС преобразовали в Правительственную комиссию по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС (далее - Правительственная комиссия), в которую вошли руководители министерств здравоохранения, сельского хозяйства, гидрометеослужбы, республиканских органов управления. Руководил работой

Правительственной комиссии ее председатель Б. Е. Щербина. Для эффективного управления всем комплексом работ на местах образованы республиканские комиссии, областные штабы, штабы министерств, ведомств и воинских формирований, оперативные группы Министерства обороны, начальника химических войск и гражданской обороны.

Следует отметить, что 29 апреля была образована и в тот же день приступила к работе Оперативная группа Политбюро ЦК КПСС, которую возглавил Председатель Совета Министров СССР Н. И. Рыжков. Одним из первых и очень важных решений Оперативной группы стало создание Правительственной комиссии по обеспечению медицинской помощи пострадавшему населению под руководством первого заместителя министра здравоохранения СССР О. П. Щепина.

В период до 1989 года руководство работами по ликвидации последствий аварии осуществлялось централизованно и отражало иерархию власти в СССР. На высшем уровне находилась Оперативная группа Политбюро ЦК КПСС, далее шли 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.

Ликвидация последствий аварии в сельском хозяйстве являлась одним из основных элементов в общей системе реагирования, т.к. решала важнейшую проблему обеспечения населения продовольствием, а также восстановления привычного уклада жизни сельских жителей на огромной территории. Система реагирования в АПК включала различные компоненты, в том числе (Санжарова, 2020):

- организация системы управления;
- обеспечение научного сопровождения принимаемых решений;

- реализация защитных и реабилитационных мероприятий с учетом динамики радиационной обстановки и их эффективности.

Масштабы аварии потребовали привлечения сил и средств высших структур управления, а именно различных министерств и ведомств, в том числе Государственного агропромышленного комитета СССР, на который была возложена задача ликвидации последствий аварии в агропромышленном комплексе. Курировал чернобыльскую тематику заместитель председателя Госагропрома СССР Л.Н. Кузнецов. По решению Госагропрома СССР в мае 1986 года созданы республиканские комиссии при Госагропроме БССР и УССР, а также оперативные штабы в Гомельской и Киевской областях. В Министерстве сельского хозяйства СССР работами по ликвидации последствий аварии руководило Главное управление научно-исследовательских и экспериментально-производственных учреждений (ГУНИиЭПУ), возглавляемое М.А. Худяковым, а затем Ф.П. Курченко. С 1990 г. эти обязанности возложены на Главное управление по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС и чрезвычайным ситуациям Минсельхозпрода Российской Федерации (начальник Главка В.А. Светов), а затем на Департамент по ликвидации последствий радиационных аварий, чрезвычайным ситуациям, гражданской обороне и охране природы (начальник Департамента Н.В. Гончарик) (Санжарова, 2020).

Экстремальная ситуация после аварии требовала принятия экстренных мер, успех реализации которых зависел в значительной степени от наличия и готовности ведомственной системы реагирования. Комплекс предаварийной подготовки должен включать: разработку системы управления в аварийной ситуации, подготовку персонала и технических измерительных средств, наличие рекомендаций по видам и объемам контрмер; наличие необходимых финансовых, материальных, транспортных и др. ресурсов. (Санжарова Н.И., Авария на Чернобыльской АЭС ..., 1986).

Медицинская помощь пострадавшим

Оказание медицинской помощи пострадавшим решалось с первых часов аварии 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. Еще через несколько дней силами Института биофизики и Ленинградского научно-исследовательского института радиационной гигиены развернули работы по оценке доз и путей облучения населения на наиболее загрязненных территориях Белоруссии (Гомельская и Могилевская области) и России (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 (10 лет Чернобыльской катастрофы ..., 1996; 20 лет ..., 2006)

Меры по радиационной защите ликвидаторов и населения

Уже в течение первого месяца после аварии была сформирована система дозиметрического обеспечения участников работ, в том числе 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 организациях с разной степенью надежности, в большей степени в зависимости от предшествующего опыта работ. Наиболее эффективно эта работа проводилась в организациях Минсредмаша СССР.

С конца мая 1986 года интенсивность защитных и реабилитационных мер определялась на основе зонирования территорий. В основе зонирования лежали данные обследований радиационной обстановки в населенных пунктах, в том числе инструментальные измерения плотности загрязнения почвы отдельными радионуклидами. При организации работ в лесном и сельском хозяйстве использовались данные по загрязнению угодий и производимой продукции.

В 1986 году 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 диагностических установках СИЧ (спектрометрия излучения человека) и значимо повышенные содержания радионуклидов цезия в организме человека выявлялись только в редких случаях.

Вплоть до 1988 года основные мероприятия были ограничены зоной жёсткого радиационного контроля, где плотность загрязнения 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 России. Для снижения уровней облучения жителей зоны жёсткого контроля до установленного на первый год аварии предела дозы 100 мЗв вводились санитарно-гигиенические ограничения, дезактивация, в некоторых случаях переселение жителей.

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 отсутствии контрмер прогнозируемая доза дополнительного облучения за 70 лет жизни могла превысить 350 мЗв. Предложенный НКРЗ критерий был в 3 раза жёстче 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 жёсткого 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.

Вместе с колоссальным объемом выполненных работ в период первого и второго этапа действий по ликвидации и локализации аварии и её последствий для населения и окружающей среды выявлены и существенные недостатки в работе высших органов управления страны.

Работа Комиссии концентрировалась на аварийном энергоблоке, проблемах 30-километровой зоны, строительстве объекта «Укрытие», пусках 1—3-го энергоблоков Чернобыльской АЭС. Своевременных указаний по защитным мерам на удаленных от ЧАЭС территориях сделано не было, без чего принимать какие-либо радикальные решения местные власти не решались, да и не могли. В результате срочные, крайне необходимые масштабные экстренные мероприятия по защите щитовидной железы людей от воздействия радиоактивного йода (йодная профилактика и ограничение потребления загрязненных продуктов) были развернуты далеко не везде или со значительным опозда-

нием. Это обусловило их крайне низкую эффективность и, как следствие, повышенное облучение щитовидной железы среди значительных контингентов населения, и прежде всего детей.

Высшие органы управления поставили практически недостижимые и далеко не всегда обоснованные цели по быстрой дезактивации загрязненных территорий 30-километровой зоны. Для достижения этих целей привлекли беспрецедентно большое количество лиц, в том числе военнообязанных запаса. Выполнение столь большого объема работ в 30-километровой зоне привело не только к неэффективному расходованию средств, определенным негативным экологическим последствиям, но и к привлечению к этим работам избыточного числа ликвидаторов.

Серьезность радиационной обстановки на удаленных территориях в первые месяцы после аварии оставалась без должного внимания. Только в августе 1986 г. было принято постановление Совета Министров СССР о дополнительной эвакуации ряда населенных пунктов, среди которых впервые упомянуты населенные пункты Красногорского района Брянской области (Киселев, 2000).

Несмотря на очевидные масштабы аварии, возможность серьезных радиационных последствий вблизи от станции, а также трансграничного переноса радиоактивных веществ на территорию стран Западной Европы, на протяжении первых нескольких суток руководство страны не предпринимало адекватных действий в области информирования как населения СССР, так и соседних стран. Более того, уже в первые дни после аварии предприняли меры по засекречиванию данных о ее реальных и прогнозируемых последствиях.

Детальный анализ причин чернобыльской аварии с прогнозом ее последствий, в том числе и для здоровья населения, в открытом виде впервые представлен совещанию экспертов Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) в Вене только 25—29 августа 1986 г. (Авария на Чернобыльской АЭС ..., 1986).

В сокращенном виде материалы этого отчета опубликованы в журнале «Атомная энергия» в ноябре 1986 г. в статье под названием «Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствиях, подготовленная для МАГАТЭ», которые практически не были восприняты общественностью. Это способствовало формированию устойчивого мнения относительно загадочности аварии, хотя результаты и выводы, сделанные еще летом 1986 г. относительно причин аварии и ее последствий, были подтверждены и детализированы в ходе специальных экспертиз периода 1987—1991 гг.

Попытки оценить суммарное количество радиоактивных веществ, выброшенных во внешнюю среду в результате аварии реактора, осуществлялись с первых дней после инцидента. Поначалу экспертные оценки по мере накопления экспериментальных фактов стали обретать реальные очертания и к августу 1986 г. в основном были завершены. В последующие годы внесли ряд уточнений, некоторые из которых достаточно важны для корректной оценки, складывавшейся в первые недели после аварии ситуации и реконструкции дозовых нагрузок на население. Так, количество выброшенного ^{131}I увеличено с примерно 20% от накопленной в реакторе активности до примерно 60%. К 2000 г. работа по систематизации разнородных данных для восстановления характеристик радиоактивного выброса была в основном завершена (10 лет Чернобыльской катастрофы ..., 1996; 20 лет ..., 2006).

1.3 Эффективность мероприятий по локализации и ликвидации аварии и снижению ее последствий

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.

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 неё.

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 на удаленных территориях.

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.

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.

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 ещё большей степени — от рекомендаций Международного чернобыльского проекта (25 лет ..., 2011), 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.

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 сильнее, и лишила управление риском на загрязненных территориях необходимой гибкости.

Авария инициировала глубокий анализ методов и концепций, лежавших в основе подходов к безопасной эксплуатации АЭС на национальных 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;
- 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 ядерным топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами» и др.) и в области культуры безопасности (Конвенции ..., 2018).

Список литературы к разделу 1

1. 10 лет Чернобыльской катастрофы: Итоги и проблемы преодоления ее последствий в России: Российский национальный доклад / Л. А. Большов, Р. В. Арутюнян, И. И. Линге [и др.]. — Москва, 1996. — 35 с.
2. 20 лет Чернобыльской катастрофы: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2006 : Российский национальный доклад / под редакцией С. К. Шойгу, Л. А. Большова. — Москва, 2006. — 92 с.
3. 25 лет Чернобыльской аварии: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2011 : Российский национальный доклад / под редакцией С. К. Шойгу, Л. А. Большова. — Москва, 2011. — 160 с.
4. 30 лет Чернобыльской аварии: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2016 : Российский национальный доклад / под редакцией В. А. Пучкова, Л. А. Большова. — Москва, 2016. — 202 с.
5. 35 лет Чернобыльской аварии: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2021: Российский национальный доклад / под общей редакцией Л. А. Большова. — Москва, 2021. — 104 с.

6. Авария на Чернобыльской АЭС и ее последствия: Информация, подготовленная для совещания экспертов МАГАТЭ (25—29 августа 1986 г., г. Вена) / Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР. — Москва, 1986. — 541 с.
7. Киселев, И. Н. Российское законодательство о социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, и проблемы его совершенствования : диссертация ... кандидата юридических наук / Киселев И.Н. — Москва, 2000. — 161 с.
8. Клебанович Н. В. География почв Беларуси / Н. В. Клебанович. — Минск: БГУ, 2009. — 198 с.
9. Краткий курс истории. Трагедия в Чернобыле. — Текст : электронный // History.ru : [сайт]. — URL: <https://history.ru/> (дата обращения: 11.02.2026).
10. Конвенции по ядерной безопасности : [веб-сайт]. — Международное агентство по атомной энергии, 2018. — URL: <https://www.iaea.org/ru/temy/konvencii-po-yadernoy-bezopasnosti> (дата обращения: 23.02.2026).
11. Критерии для принятия решения о мерах защиты населения в случае аварии ядерного реактора : нормативно-технический документ : утв. Глав. гос. сан. врачом СССР 01.01.1990. — Москва, 1990. — 15 с.
12. Малышев, В. П. Научные проблемы, решаемые в ходе преодоления последствий чернобыльской катастрофы. Уроки техногенных катастроф / В. П. Малышев // Проблемы анализа риска. — 2016. — Т. 13, № 3. — С. 84-93.
13. Санжарова, Н. И. Авария на Чернобыльской АЭС и проблемы реабилитации сельскохозяйственных территорий / Н. И. Санжарова, А. Н. Ратников, С. В. Фесенко [и др.] // История науки и техники. — 2020. — № 7. — С. 73-89.
14. Уроки Чернобыля. 35 лет со дня крупнейшей аварии XX века // РЭА. Росатом : Ежемесячный журнал атомной энергетики России. — 2021. — № 4. — 54 с.



2. Радиационная (радиоэкологическая) обстановка на загрязненных территориях

2.1 Глобальные загрязнения искусственными радионуклидами в результате испытаний ядерного оружия

Военное и мирное использование атомной энергии, начавшееся в 40-х годах XX века, привело к появлению загрязнения природных сред нового типа, ранее не сопровождавшего деятельность человека. Источниками антропогенной радиоактивности являются: атмосферные, наземные и подземные ядерные взрывы, аварии на предприятиях атомной промышленности и атомных электростанциях и выбросы радиоактивности при их нормальной работе, использование радионуклидов в различных отраслях хозяйства и т. д. В зависимости от источника характерные временные масштабы образования загрязнения могут лежать в диапазоне от первых секунд до многих лет после вызвавшего его события, пространственные — от непосредственной близости от источника до тысяч и десятков тысяч километров от него, а при глобальном загрязнении охватывать всю планету. Соответственно, уровни загрязнения могут варьировать от исчезающе малых значений до величин, опасных для человека и природной среды.

Искусственные радионуклиды образуются, в основном, за счет деления тяжелых ядер в атомных реакторах и при использующих реакцию деления ядерных взрывах, а также за счет активации ядер, что является особой характерной чертой ядерных взрывов, основанных на синтезе ядер (термоядерная бомба), хотя наблюдается и при работе ядерных реакторов.

Под воздействием выпадений от Чернобыльской аварии оказались территории, уже в некоторой степени загрязненные искусственными радионуклидами в результате глобальных (стратосферных) выпадений. Это в основном выпадения, формирующиеся из высокодисперсных (размером в единицы и доли микрона) частиц, заброшенных в стратосферу при мощных ядерных взрывах. Глобальные выпадения происходят в результате многих недель, месяцев и даже лет после вызвавших их взрывов. Особенностью глобальных выпадений является смешанность в стратосфере продуктов от различных взрывов. Знание уровней загрязнения глобальными выпадениями позволяет для каждой точки пространства оценить степень повышения (или неизменность) уровней загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС, значительно изменившей картину радиоактивного загрязнения территории России (Израэль, 1996).

Наибольшее количество радиоактивных веществ в стратосферу поступало в 1957—58 гг. и 1961—62 гг. Загрязнение было обусловлено следующими относительно короткоживущими гамма-излучающими продуктами деления: $^{95}\text{Zr}+^{95}\text{Nb}$, $^{103}\text{Ru}+^{103}\text{Rh}$, $^{140}\text{Ba}+^{140}\text{La}$. Загрязнение цезием (^{137}Cs) играло подчиненную роль по сравнению с $^{95}\text{Zr}+^{95}\text{Nb}$ и др. На большей части страны уровни загрязнения отдельными радионуклидами составляли обычно первые десятки мКи/м² (единицы кБк/м²), но местами могли возрастать до сотен мКи/км² (десятков кБк/м²). В 1963 г. СССР и США был подписан Московский договор, запрещающий проведение ядерных испытаний в атмосфере, космосе и под водой; Франция и Китай не присоединились к договору и продолжали испытания в атмосфере соответственно до 1974 г. и 1980 г.

К моменту Чернобыльской аварии, вследствие процессов радиоактивного распада, в составе глобального загрязнения уже не присутствуют в значительных количествах коротко- и среднеживущие радионуклиды. Помимо выступивших на первый план ^{137}Cs (период полураспада 30,1 года) и ^{90}Sr (28,6 лет), в меньших количествах в составе глобального загрязнения присутствуют трансурановые радионуклиды ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu и ^{241}Am . Кроме них в небольшом количестве наблюдается ^{238}Pu (его поступление связано не с ядерными взрывами, а со сгоранием в атмосфере в 1964 г. американского спутника SNAP-9A), присутствуют также и некоторые долгоживущие изотопы редкоземельных элементов (Национальный атлас, 2007).

В 1968-1973 гг. в СССР была проведена широкомасштабная гамма-съемка, охватившая практически всю территорию страны. Остались неохваченными лишь около 10% в труднодоступных районах азиатской части. В равнинных и слабогористых районах использовался авиационный метод съемки, в высокогорных – наземный (Коган и др., 1991). На рисунке 2.1 приведена карта загрязнения территории цезием на 1974 г., построенная по результатам этих исследований.

Глобальные выпадения достаточно равномерно распределились по обширной территории северного полушария, сформировав фоновое низкоуровневое радиоактивное загрязнение. Основной закономерностью в их пространственном распределении является широтная зональность, отражающая зональность стратосферных выпадений продуктов ядерных взрывов. Максимальные уровни загрязнения приурочены к широтному поясу 50° - 60° с.ш. К югу и северу от этого пояса уровни загрязнения постепенно снижаются. Одно из наиболее выраженных отклонений от широтной зональности – это повышение уровней глобального загрязнения по мере приближения к горным системам. Отмечается тесная связь между уровнем глобального загрязнения и количеством атмосферных осадков. Эта связь прослеживается и для широтной зо-

нальности в целом, и для региональных отклонений от нее. Например, наблюдается повышенное загрязнение горных территорий, где выпадает большее количество осадков, особенно в поясе высот 1000-2500 м над уровнем моря (склоны Восточных Карпат, Главного Кавказского хребта) (Коган и др., 1991; Болтнева и др., 1977; Атлас..., 1998).

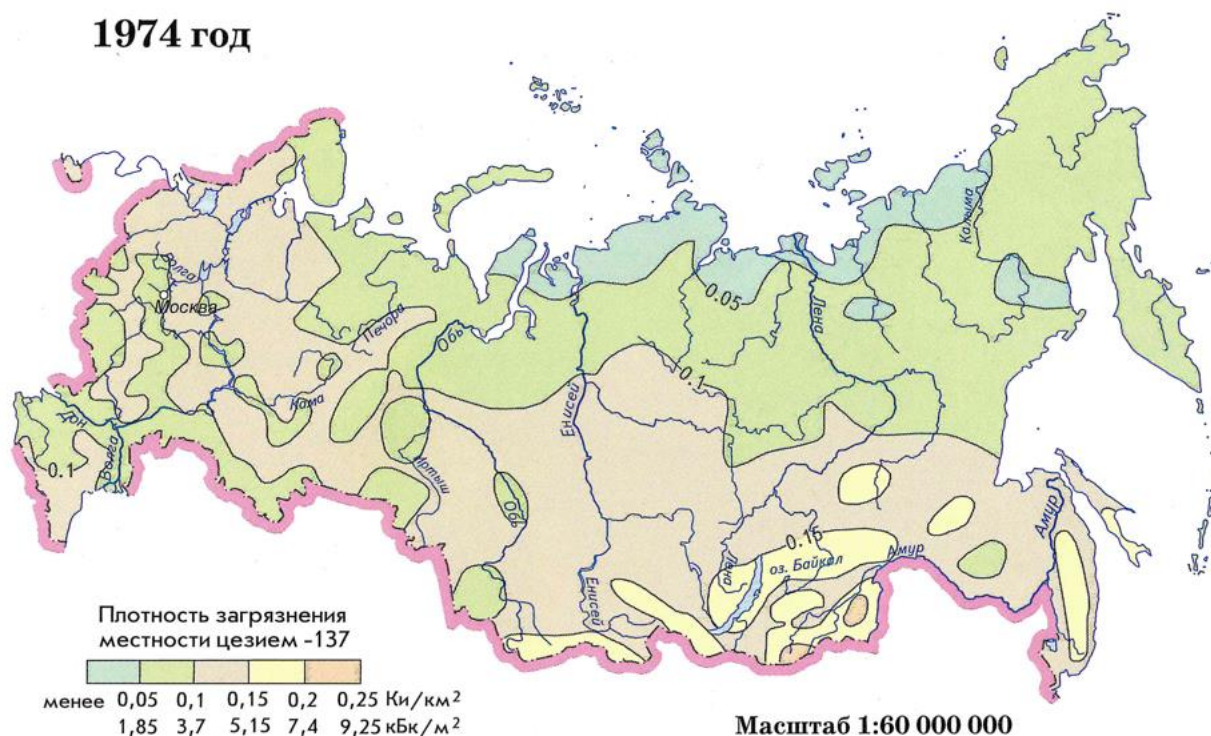


Рисунок 2.1 — Загрязнение территории на 1974 г. в результате глобальных выпадений ^{137}Cs (Коган и др., 1991)

Приведенные на рисунке 2.1 данные с погрешностью около 10% характеризуют загрязнение территории СССР и России ^{137}Cs не только на 1974 г., но и для периода 1964—1980 гг. Постоянство уровней загрязнения в данный период связано с примерным равновесием между радиоактивным распадом и новыми поступлениями этого радионуклида в результате проведения атмосферных испытаний ядерного оружия Китаем и Францией.

Установленная опытным путем пространственная стабильность соотношения радионуклидов в глобальных выпадениях ($^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}=0,63$;

$^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}=0,021$) позволила по данным о загрязнении ^{137}Cs оценить уровни загрязнения и другими элементами по состоянию на начало 70-х гг. XX века (Израэль, 1996; Коган и др., 1991; Атлас..., 2009).



Рисунок 2.2 — Загрязнение территории ^{137}Cs и ^{90}Sr на начало 1986 г. в результате глобальных выпадений (Атлас..., 1998)

На рисунке 2.2 приведена карта глобального загрязнения ^{137}Cs по состоянию на начало 1986 г. — в канун аварии на Чернобыльской АЭС (Атлас..., 2009). Она была построена на основе приведенной на рисунке 2.1 карты расчетным методом, учитывающим процесс радиоактивного распада ^{137}Cs после завершения ядерных испытаний в атмосфере. Уровни загрязнения ^{137}Cs на Восточно-Европейской равнине составляют 2-4 кБк/м², в горных массивах азиатской части России они достигают 9 кБк/м². В российской части Арктики уровень загрязнения составляет менее 2 кБк/м². В наиболее загрязненных в результате аварии на ЧАЭС районах России уровни глобального загрязнения цезием варьируют в пределах 50-90 мКи/км² (1,85-3,33 кБк/м²).

2.2 Масштабы загрязнения территории Советского Союза и европейских государств в результате аварии на Чернобыльской АЭС

Авария на Чернобыльской АЭС является крупнейшей радиационной катастрофой, которая в наибольшей степени повлияла на население, окружающую среду, сельское и лесное хозяйство. Выброс большого количества радиоактивных веществ ($1,85 \cdot 10^{18}$ Бк) привел к масштабному загрязнению территории. Радиоактивному загрязнению ^{137}Cs выше уровня 37 кБк/м² (1 Ки/км²) подверглась территория Европы площадью 207,5 тыс. км², что составляет около 2 % ее площади (Рис. 2.3). Около 70 % загрязненной площади пришлось на европейскую территорию СССР (Табл. 2.1) (Атлас..., 1998; Люксембургское бюро ..., 1998; Израэль, 2006). Из 64 ТБк (1,7 МКи) суммарной активности ^{137}Cs , выпавшего на территорию Европы, на Беларусь пришлось 23%, Российскую Федерацию — 30% и Украину — 18%. Площадь с плотностью загрязнения по ^{137}Cs свыше 37 кБк/м² на территории СССР составила свыше 150 тыс. км². Загрязнению подверглось около 58 тыс. кв. км территории Российской Федерации и 48 тыс. кв. км Республики Беларусь. (Атлас..., 2009).

Измерение уровней радиации над Европой в первые дни после Чернобыльской аварии показало присутствие техногенных радионуклидов в атмосфере на высотах до 7 км. В зависимости от метеоусловий, преобладавших в период аварийного выброса, более летучие элементы (изотопы йода и цезия), рассеивались на сотни тысяч километров. Причиной распространения загрязнения на большие расстояния от ЧАЭС, как правило, являлись осадки, выпавшие над этими территориями при прохождении радиоактивного облака (Израэль, 2006). В составе аварийного выброса было представлено большое количество короткоживущих радионуклидов, а долгоживущие радионуклиды составляли небольшую часть. В первый период после аварии наибольшую опасность представлял радионуклид ^{131}I , а в последующее время – ^{137}Cs и для зоны, прилегающей к площадке ЧАЭС, – ^{90}Sr и ^{241}Pu . Основным нуклидом, с точки зрения радиационной опасности, в чернобыльских выпадениях является ^{137}Cs .

Таблица 2.1 — Суммарная активность ^{137}Cs и площади с повышенными уровнями загрязнения местности на Европейской территории после аварии на ЧАЭС, май 1986 г. (Атлас..., 1998; Израэль, 2006)

Страна	Суммарная активность ПБк	Площадь (в тыс. км ²)	
		>37 кБк/м ²	>1480 кБк/м ²
Австрия	1,6	11,08	
Белоруссия	15	43,5	2,6
Чехия	0,34	0,21	
Финляндия	3,1	19	
Германия	1,2	0,32	
Греция	0,69	1,24	
Италия	0,57	1,3	
Норвегия	2,0	7,18	
Польша	0,4	0,52	
Румыния	1,5	1,2	
Россия (Европейская часть)	19	59,3	0,46
Словакия	0,18	0,02	
Словения	0,33	0,61	
Швеция	2,9	23,44	
Швейцария	0,27	0,73	
Украина	12	37,63	0,54
Великобритания	0,53	0,16	

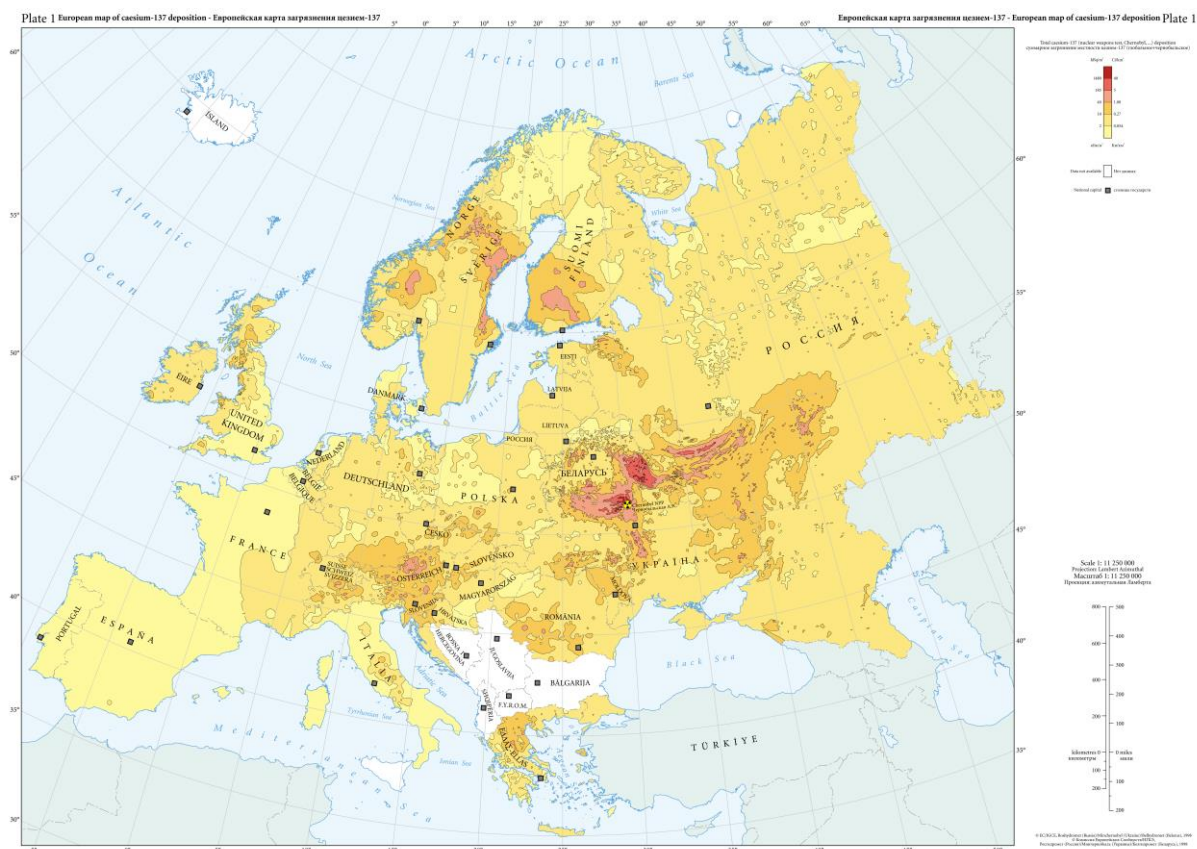


Рисунок 2.3 — Загрязнение европейской территории ^{137}Cs после аварии на ЧАЭС (1998) (Атлас..., 2009)

В результате аварии на ЧАЭС 21 субъект Российской Федерации был загрязнен ^{137}Cs с уровнями, превышающими 37 кБк/м^2 (1 Ки/км^2). Общая площадь загрязнения ^{137}Cs выше 37 кБк/м^2 (по состоянию на 1986 год) составила 64,69 тыс. км^2 (Вакуловский и др., 2006). На территории с плотностью загрязнения ^{137}Cs свыше 37 кБк/м^2 было расположено 6684 населенных пунктов, где проживало более 3,3 млн. человек. Наиболее высокие уровни загрязнения зарегистрированы в Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областях. На территории Республики Беларусь площадью 4,8 млн. га с плотностью загрязнения ^{137}Cs более 37 кБк/м^2 было расположено 3668 населенных пунктов, где проживало более 2,5 млн. человек (Атлас..., 2009). Из населенных пунктов на территориях с высокими уровнями загрязнения было эвакуировано около 116 тыс. чел. и в последующем переселено на незагрязненные территории еще 230

тыс. чел. В России отселение было проведено только в 1988 г. – из 4 населенных пунктов было отселено 186 чел. В этот период к зоне жесткого контроля было отнесено 274 населенных пункта с населением 111,8 тыс. чел.

Первые ориентировочные карты плотности радиоактивного загрязнения территории ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239,240}\text{Pu}$ были подготовлены в июле 1986 года. В дальнейшем проводилась поэтапная детализация и уточнение карт с учетом пятнистой структуры радиоактивного загрязнения территорий. В 1986-1987 годах основные работы проводились на территориях в пределах изолинии 15 Ки/км² (555 кБк/м²) по ^{137}Cs . К 1990 году география обследований расширилась до изолинии 1 Ки/км² (37 кБк/м²). Официальные оценки Госкомгидромета СССР площадей радиоактивного загрязнения ^{137}Cs были получены на основании совокупности данных радиационного мониторинга к 1990 году (Табл. 2.2).

Таблица 2.2 — Площади радиоактивного загрязнения территории Беларуси, России и Украины (тыс. км²), загрязненных ^{137}Cs (Чернобыль ..., 1991)

Республика	Общая площадь, тыс. км ²	Плотность загрязнения, кБк/м ²				Всего
		37-185	185-555	555-1480	>1480	
РСФСР (Европейская часть)	3 800,00	39,28	5,45	2,13	0,31	47,17
БССР	210,00	29,92	10,17	4,21	2,15	46,45
УССР	600,00	34,00	1,99	0,82	0,64	37,45
Всего по СССР	4 610,00	103,20	17,61	7,16	3,10	131,07

В кооперации с Комиссией европейских сообществ был создан Атлас радиоактивного загрязнения территории Европы (Атлас ..., 1998). Сравнение оценок площадей радиоактивного загрязнения 1990 и 1998 годов показывает их близость между собой (Табл. 2.3, Рис. 2.4). Исключение составляет зона с плотностью загрязнения 37-185 кБк/м² в России. Дополнительные обследования выявили еще около 12 тыс. км² территорий в удаленных областях России с плотностью ^{137}Cs преимущественно от 37 до 100 кБк/м².

Относительная стабильность во времени показателя плотности загрязнения территории населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, лесных

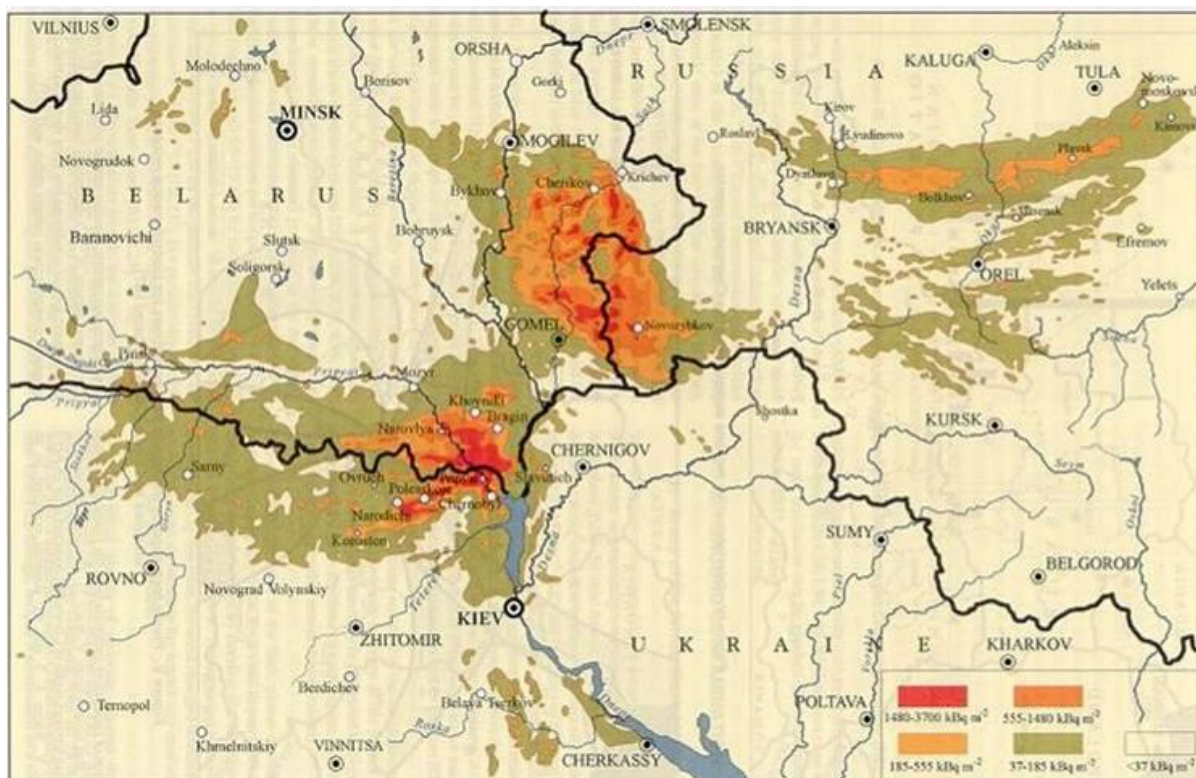


Рисунок 2.4 — Плотность загрязнения территории ^{137}Cs в Беларуси, России и Украине (CD ..., 2008)

массивов долгоживущими радионуклидами (^{137}Cs , ^{90}Sr) привела к тому, что референтные значения плотности загрязнения были использованы в качестве основного критерия радиационной безопасности наряду с дозой облучения населения. Это было закреплено в законах России, Беларуси и Украины в форме граничных величин для зон загрязнения и использовано при стратегическом планировании мер радиационной и социальной защиты населения. На основании данных радиологического обследования выделены зоны по плотности загрязнения ^{137}Cs : менее 37 кБк/м²; 37-185; 185-555; 555-1480 и свыше 1480 кБк/м² (соответственно, менее 1 Ки/км²; 1-5; 5-15; 15-40 и свыше 40 Ки/км²). При зонировании загрязнения территории ^{90}Sr были выделены следующие градации: менее 11,1 кБк/м²; 11,1-111; свыше 111 кБк/м² (соответственно, менее 0,3 Ки/км²; 0,3-3; свыше 3 Ки/км²).

Таблица 2.3 — Площадь территорий Беларуси, России и Украины, загрязненных ^{137}Cs после Чернобыльской аварии по состоянию на 10.05.1986 г. (оценки 1998 г.) (Атлас ..., 2009)

Страна	Общая площадь, тыс. км ²	Плотность загрязнения, кБк/м ²					Всего
		40- 100	100- 185	185- 555	555- 1480	>148 0	
Россия (Европейская часть)	3 800,00	44,00	7,20	5,90	2,20	0,46	59,80
Беларусь	210,00	21,00	8,70	9,40	4,40	2,60	46,10
Украина	600,00	29,00	4,30	3,60	0,73	0,56	38,20*

* – 42,8 тыс. км² по данным Национального доклада 2006 года, при этом 53 тыс. км² отнесены к зонам радиоактивного загрязнения

2.3 Природно-климатические и почвенные характеристики наиболее загрязненных областей Российской Федерации и Республики Беларусь

В результате аварии на Чернобыльской АЭС радиоактивному загрязнению подверглись территории, которые существенно отличаются по рельефу, геоморфологии, гидрографическим особенностям, почвенному покрову, климатическим условиям, растительным сообществам. В зону радиоактивного загрязнения попали значительные территории Среднерусской возвышенности и Полесской низменности. Зоны с наиболее высокими уровнями загрязнения сконцентрированы в радиусе 200-300 км от ЧАЭС, а максимальные – в 30-км зоне (более 1500 кБк/м² по ^{137}Cs). Северо-северо-восточная зона загрязнения включала районы Гомельской, Могилевской и Брянской областей, а северо-западная зона – некоторые районы Калужской, Тульской и Орловской областей, где плотности загрязнения ^{137}Cs не превышают 600 кБк/м² (Атлас ..., 1998; Загрязнение ..., 1993).

Природно-климатические характеристики Брянской, Орловской, Калужской и Тульской областей имеют общие черты, так как все они расположены в центральной части Восточно-Европейской равнины на Среднерусской возвышенности в пределах континентальной области умеренного климатического пояса (Национальный атлас ..., 2004), но различаются особенностями релье-

ефа, температурного режима, количества осадков и некоторыми другими параметрами. Согласно агроклиматическому районированию, территория характеризуется суммой активных температур воздуха выше 10°C, которая составляет 2000–2500°C (Табл. 2.4). Для региона характерно в целом достаточное увлажнение в период вегетации, хотя в отдельные годы наблюдаются засушливые периоды. Такой температурный режим и уровень влагообеспеченности создают благоприятные условия для развития сельскохозяйственных культур, хотя периодические засухи требуют особого внимания к организации сельскохозяйственного производства.

Таблица 2.4 — Климатические показатели Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей

Климат	Брянская область	Орловская область	Калужская область	Тульская область
	Умеренно континентальный			
Среднегодовая температура, °C	+4,5...+5,9	+4...+5	+3,5...+4,6	+3,8...+4,5
Средняя температура января, °C	–7...–9	–8,7...–10,2	–8...–12	–9,5...–11
Средняя температура июля, °C	+18,8...+19,5	+18,6...+19,0	+18...+21	~+20
Годовое количество осадков, мм	~560–640	~500–600	~600–700	~450–650

Почвенный покров данных областей отличается выраженной зональностью и значительным разнообразием почв (Табл. 2.5). Дерново-подзолистые разности преобладают в Брянской и Калужской, а серые лесные почвы и черноземы преобладают в Орловской и Тульской областях. Особую группу составляют азональные почвы: пойменные (кислые и слабокислые), торфяно-болотные (верховые и низинные). Доля пойменных почв варьируется от 10,1% (Брянская область) до 5,1% (Тульская область). Торфяно-болотные почвы наиболее распространены в Брянской (3,4 %) и в Калужской областях (1,2 %).

Таблица 2.5 — Состав почвенного покрова Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей (Национальный атлас ..., 2011)

Почвы	Состав почвенного покрова, %			
	Брянская	Калужская	Орловская	Тульская
Тайга и хвойно-широколиственные леса				
Дерново-подзолистые, преимущественно мелко и неглубокоподзолистые почвы	22,5	33,4	1,3	5,5
Дерново-подзолистые, преимущественно неглубокоподзолистые	3,3	11,2	0,8	
Дерново-подзолистые со вторым осветленным горизонтом	0,8	5,4		
Дерново-подзолистые иллювиально-железистые	19,2	21,2	1,1	1,7
Дерново-подзолистые глеевые	8,6	1,2		
Дерново-подзолистые поверхностно-глееватые, преимущественно глубокие и сверхглубокие	3,5			
Дерново-подзолистые без разделения	4,2			
Дерново-палево-подзолистые и подзолисто-буроземные глубокоглееватые и глеевые	0,3			
Подзолы		3,4		
Широколиственные леса и лесостепи				
Светло-серые лесные	3,7	5,6	2	15,2
Серые лесные	20,4	12,3	28,1	11,1
Темно-серые лесные	0,1		7,3	7,6
Степи				
Черноземы оподзоленные			12,1	20,1
Черноземы выщелоченные			39,8	27,4
Черноземы типичные			0,7	
Лугово-черноземные выщелоченные				6,3
Речные долины и болота				
Пойменные кислые почвы	8,3	5,1	5,5	5,1
Пойменные слабокислые и нейтральные	1,8		1,2	
Торфяные болотные верховые		0,4		
Торфяные болотные низинные	3,4	0,8		

Природно-климатические и почвенные характеристики наиболее загрязненных областей Республики Беларусь

В настоящее время общая площадь территорий Беларуси с плотностью радиоактивного загрязнения более 37 кБк/м² превышает 10% от всей территории республики. Наибольшему радиационному загрязнению подверглись Гомельская и Могилёвская области. Особую роль в сохранении и изучении последствий аварии на Чернобыльской АЭС играет Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, расположенный в Гомельской области. На его территории содержится примерно треть всего выпавшего ¹³⁷Cs, более 70% ⁹⁰Sr и 97% изотопов плутония, которые осели на территории Беларуси после аварии.

Почвенный покров Гомельской и Могилёвской областей характеризуется значительным разнообразием типов почв, отражающим особенности природных условий этих регионов (Клебанович ..., 2009). В Гомельской области доминирующим типом являются дерново-подзолистые почвы, которые занимают более 41,3% территории. Значительную часть почвенного покрова составляют дерново-подзолистые заболоченные почвы (21,73%), что свидетельствует о существенной роли переувлажнения в формировании почвенного покрова региона. Важное место в структуре почв занимают торфяно-болотные низинные почвы (10,4%), а также аллювиальные (пойменные) дерновые заболоченные почвы (9,7%). Почвенный покров Могилёвской области имеет свои отличительные черты. Здесь преобладают дерново-подзолистые почвы, занимающие более 61,6% территории области. Серые лесные почвы занимают 10% территории области, что характерно для районов с более благоприятным водным режимом. Существенную долю составляют лугово-болотные и торфяно-болотные почвы (20%), что указывает на немаловажную роль процессов заболачивания в формировании почвенного покрова региона.

Сумма активных температур более 10°C на территории загрязненных областей Республики Беларусь составляет 2200-2400°C, вегетационный период имеет продолжительность 180-195 дней. Основные климатические характеристики приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 — Климатические показатели Гомельской и Могилёвской области Республики Беларусь (Состояние ..., 2023)

Показатель	Республика Беларусь (1981-2020)	Могилевская область (2015-2023)	Гомельская область (2015-2023)
Среднегодовая температура, °C	7,2	+6,8...+9,0	+7,8...+9,9
Средняя температура января, °C	-3,4	-6,5...-8,2	-5,9...-7,5
Средняя температура июля, °C	18,9	+17,8...+18,7	+18...+19,7
Годовое количество осадков, мм	672	499-830	520-795

2.4 Радиоактивное загрязнение окружающей среды в первый период после аварии

Воздействие Чернобыльской аварии на радиоактивность окружающей среды было обнаружено радиометрической службой Госгидромета утром 26 апреля 1986 г. при проведении штатных наблюдений за мощностью экспозиционной дозы гамма-излучения с поверхности почвы на площадке метеостанции в г. Чернобыле (Радиоактивное, 1987; Алексахин и др., 2001). В составе радиометрической службы страны к моменту аварии имелось 2247 метеостанций, оснащенных гамма-дозиметрами, 475 пунктов с планшетами для отбора проб радиоактивных выпадений и 73 пункта с воздухофильтрующими установками для определения концентраций радионуклидов в воздухе. После аварии количество пунктов радиометрических наблюдений было увеличено.

Загрязнение воздуха

Сразу после аварии наибольшую радиологическую опасность представляли радиоизотопы йода. Присутствие радиоактивного йода в атмосфере явилось также надежным индикатором распространения аварийного

Кратковременное повышение суммарной активности бета-излучающих нуклидов в атмосферных выпадениях было зарегистрировано на значительной части территории России (Брянской, Тульской, Калужской, Орловской, Воронежской, Смоленской, Горьковской, Ростовской, Тамбовской и Пензенской областях, на Кольском полуострове, в Свердловске, Хабаровске и Владивостоке). На отдельных территориях максимальные величины активности выпадений в 10^4 раз и более превышали фоновые уровни, наблюдавшиеся до аварии (Радиоактивное ..., 1987; Крышев и др., 1991; Алексахин и др., 2001).

В первые дни после аварии на значительной части аварийного чернобыльского следа наблюдалось превышение допустимых концентраций ^{131}I в воздухе. Согласно действующим нормам радиационной безопасности (НРБ-76) для суммарной активности всех форм ^{131}I допустимая концентрация составляла $5,5 \text{ Бк/м}^3$. Фактически в этот период определялось содержание ^{131}I в воздухе только в аэрозольной форме. Отдельные измерения этого радионуклида с помощью последовательно расположенных фильтра и кассеты с активированным углем позволяют оценить долю аэрозольной формы ^{131}I приблизительно в 15-30% для первых дней после аварии на больших расстояниях от Чернобыльской АЭС (Алексахин и др., 2001). Максимальные концентрации радионуклидов в воздухе некоторых населенных пунктов представлены в таблице 2.7 (Радиоактивное ..., 1987; Крышев и др., 1991). В течение короткого промежутка времени, в конце апреля - первой половине мая 1986 г., в воздухе отдельных населенных пунктов наблюдались повышенные концентрации радионуклидов, в основном изотопов йода и цезия. После распада короткоживущих нуклидов радиоактивное загрязнение воздуха на большей части загрязненной территории определялось ^{137}Cs и ^{134}Cs .

Динамика среднегодовых концентраций долгоживущих радионуклидов в приземной атмосфере ближней и дальней зоны аварийного чернобыльского следа представлена в Таблице 2.8 (Kryshev et al., 1994).

Таблица 2.7 — Объемные активности радионуклидов в приземной атмосфере в первые дни после радиационной аварии на Чернобыльской АЭС, Бк/м³

Радионуклид	Минск, 325 км от ЧАЭС, 28-29.04.1986	Одесса, 550 км от ЧАЭС, 30.04-1.05	Обнинск, Калужская обл., 750 км от ЧАЭС, 30.04-1.05	Сосновый Бор, Ленинградская обл., 950 км от ЧАЭС, 28-29.04	Норматив (ДКБ), Бк/м ³
⁹⁵ Zr	3	0,2	0,7		40,7
¹⁰³ Ru	16	3,8	0,4	0,05	66,6
¹⁰⁶ Ru				0,4	7,0
¹³¹ I	320	5,9	6,7	2,7	5,5
¹³⁴ Cs	48	1,0	1,5	0,38	16,3
¹³⁷ Cs	93	1,9	3,3	0,65	18,1
¹⁴⁰ Ba	27	2,7	0,4	0,13	55,5
¹⁴¹ Ce		0,1	0,7	0,04	196,1
¹⁴⁴ Ce		0,2	0,7	0,04	8,1

Таблица 2.8 — Концентрации радионуклидов в приземном воздухе аварийного чернобыльского следа, Бк/м³

Период наблюдений	Зона наблюдений	⁹⁰ Sr	¹⁰⁶ Ru	¹³⁷ Cs	¹⁴⁴ Ce
1986 (июль-декабрь)	1		$1,3 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-2}$
	2		$4,4 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$
	3	$8,0 \cdot 10^{-7}$	$7,8 \cdot 10^{-6}$	$8,0 \cdot 10^{-6}$	$6,7 \cdot 10^{-6}$
1987	1		$4,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$8,7 \cdot 10^{-2}$
	2	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$8,8 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$
	3	$4,4 \cdot 10^{-7}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$4,0 \cdot 10^{-6}$	$9,0 \cdot 10^{-7}$
1988	1	$4,3 \cdot 10^{-4}$		$5,8 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$
	2	$7,7 \cdot 10^{-6}$		$4,5 \cdot 10^{-5}$	$5,6 \cdot 10^{-6}$
	3	$3,3 \cdot 10^{-7}$		$2,6 \cdot 10^{-6}$	
1989	1	$1,3 \cdot 10^{-4}$		$9,0 \cdot 10^{-5}$	
	2	$3,6 \cdot 10^{-5}$		$3,0 \cdot 10^{-5}$	
	3	$2,4 \cdot 10^{-7}$		$2,4 \cdot 10^{-6}$	
1990	1	$5,2 \cdot 10^{-5}$		$8,0 \cdot 10^{-5}$	
	2	$2,6 \cdot 10^{-6}$		$2,2 \cdot 10^{-5}$	
	3	$1,6 \cdot 10^{-7}$		$1,2 \cdot 10^{-6}$	
1991	1	$5,2 \cdot 10^{-5}$		$1,0 \cdot 10^{-4}$	
	2	$1,4 \cdot 10^{-6}$		$1,6 \cdot 10^{-5}$	
	3	$1,4 \cdot 10^{-7}$		$9,0 \cdot 10^{-7}$	

* усредненные данные по зонам наблюдений: 1 — Чернобыль; 2 — Могилев, Гомель, Минск, Брянск, Курск; 3 — Архангельск, Сыктывкар, Петрозаводск, Вологда, Киров

Согласно данным наблюдений уже в июле-декабре 1986 г. содержание искусственных радионуклидов в воздухе г. Чернобыль было в 3600 раз ниже

допустимых концентраций, и не представляло значимой радиологической опасности. Объемные активности ^{106}Ru и ^{144}Ce в воздухе Чернобыля были в этот период в сотни раз ниже нормативов. Еще более низкие уровни загрязнения воздуха черновобильскими радионуклидами наблюдались в других зонах аварийного следа. На северных территориях уже в 1987 году объемные активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в воздухе уменьшились практически до фоновых («дочерновобильских») значений. Вместе с тем в атмосферном воздухе этих территорий все еще присутствовали небольшие следовые количества ^{106}Ru и ^{144}Ce , содержание которых было в миллионы раз ниже допустимых нормативов.

Радиоактивное загрязнение водных объектов

Максимальные уровни радиоактивного загрязнения водоемов наблюдались в первый месяц после Чернобыльской аварии. Радиоактивность поверхностных вод в этот период характеризовалась широким радионуклидным составом (Израэль, 1990; Крышев и др., 1991; Алексахин и др., 2001; Kryshev, 1995; Экологические, 2008). При этом активность короткоживущих нуклидов (^{131}I , ^{132}I , ^{133}I , ^{132}Te , ^{239}Np , ^{140}Ba , ^{140}La , ^{99}Mo и др.) превосходила активность долгоживущих изотопов цезия и стронция. Наблюдалось обогащение взвеси радионуклидами Ba, Ce, Ru, Zr по сравнению с водной фракцией. По мере распада короткоживущих нуклидов и их депонирования частицами взвеси в донные отложения активность воды заметно уменьшилась, наибольшую значимость стали приобретать радиоизотопы цезия (^{137}Cs и ^{134}Cs), а в отдельных водоемах также и ^{90}Sr .

Одними из критических компонентов природной среды, подвергшихся черновобильскому загрязнению, явились озера (Вакуловский, 2000; Алексахин и др., 2001; Экологические, 2008). В России высокие уровни загрязнения воды и гидробионтов наблюдались для озер Кожановское и Святое, расположенных на территории Брянской области с плотностью загрязнения ^{137}Cs 0,6-1 МБк/м² (Табл. 2.9).

Таблица 2.9 — Содержание ^{137}Cs в компонентах природных экосистем Брянской области (1998-1999) (Вакуловский и др., 2000)

Компонент	Размерность	Озеро Кожановское	Другие водоемы и водосборы
Почва водосбора	кБк/м ²	1300	15-3400
Вода водоемов	Бк/л	5	0,008-11
Водные растения	Бк/г сухого веса	14	0,13-17
Рыба	Бк/г сырого веса	7,5	0,1-12

* допустимые уровни ^{137}Cs в воде, 8 Бк/л; в рыбе, 0,13 Бк/г сырого веса.

Характерной особенностью этих озер является относительно слабая фиксирующая способность донных отложений относительно ^{137}Cs . В результате этого концентрация ^{137}Cs в озерной воде представляет собой величину того же порядка, что и в озерах ближней зоны Чернобыльской АЭС. В 1991-1993 гг. концентрация ^{137}Cs в озерной рыбе составляла 8-90 кБк/кг, что более чем на порядок выше норматива ВДУ-88 (Рябов, 2004). Согласно результатам исследований 45 водоемов Брянской области в некоторых из них в 1998-1999 гг. продолжали оставаться повышенными концентрации ^{137}Cs в рыбе озер (Вакуловский и др., 2000).

Загрязнение почвы

В первый период после аварии наиболее сильно почва была загрязнена сравнительно короткоживущими нуклидами: ^{131}I , ^{132}Te , ^{132}I , ^{239}Np , ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{140}Ba , ^{140}La , ^{89}Sr . В ближней к месту аварии зоне почвы были обогащены ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{141}Ce , ^{144}Ce , в дальней - ^{131}I , ^{137}Cs и ^{134}Cs (Радиоактивное, 1987). Максимум содержания радиоактивных изотопов йода в почве наблюдался в период 28 апреля - 9 мая в зависимости от траекторий переноса аварийного выброса и местных метеоусловий. В России «пятна» загрязнений радиоактивным йодом имели место в Брянской области, у западной границы СССР в районе Балтийска-Калининграда, а также в районах между Гомелем и Брянском и южнее Тулы (Радиоактивное, 1987; Алексахин и др., 2001).

После распада ^{131}I и других короткоживущих нуклидов, с середины 1986 г. на большей части аварийного следа, определяющими в радиоактивном

загрязнении местности являлись ^{137}Cs и ^{134}Cs , а также в некоторых районах ^{90}Sr .

Районы с относительно высокими уровнями загрязнения ^{137}Cs образовались в основном благодаря атмосферным осадкам, выпавшим в период прохождения радиоактивного облака. На территории России в Брянской области наиболее загрязненная зона сформировалась в основном в результате радиоактивных выпадений в период 27-29 апреля 1986 г. Уровни загрязнения почвы ^{137}Cs в некоторых населенных пунктах этой зоны превышали 1480 кБк/м². Еще одна зона расположена примерно в 500 км от Чернобыльской АЭС и включает некоторые районы Калужской, Тульской и Орловской областей (Рис. 2.6). Она была образована в период атмосферных радиоактивных выпадений в конце апреля 1986 г. Уровни загрязнения территории в этой зоне, как правило, не превышают 555 кБк/м². За пределами этих наиболее загрязненных территорий находится довольно много небольших районов загрязнения с плотностью выпадений 37-185 кБк/м².

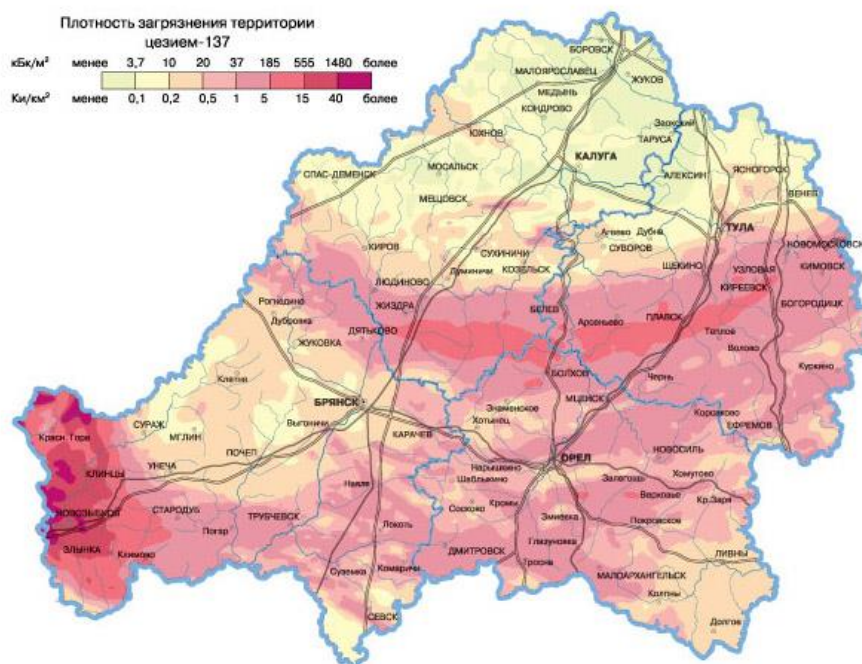


Рисунок 2.6 — Плотность загрязнения местности ^{137}Cs на территории аварийного чернобыльского следа в России по состоянию на 1986 г. (Атлас, 2009)

На территории России площадь пятен с уровнями загрязнения по ^{137}Cs выше 1480 кБк/м² составляет 310 км², 555-1480 кБк/м² около 2100 км², 185-555 кБк/м² около 5500 км². Имеет место «пятнистая» структура загрязнения не только сравнительно больших площадей, но и локальных участков, в частности - территорий населенных пунктов. В отдельных частях этих территорий плотности загрязнения ^{137}Cs могут различаться в десятки раз (Атлас, 2009; Алексахин и др., 2001).

Выпадения ^{90}Sr в основном имели место в ближней зоне Чернобыльской АЭС, где встречаются отдельные участки с уровнем загрязнения более 100 кБк/м². В России наблюдается сравнительно небольшое число участков с уровнями загрязнения местности ^{90}Sr в 37-100 кБк/м², расположенных в Брянской области (Радиоактивное, 1987; Атлас, 2009; Шершаков, 2012). Районы с повышенными уровнями загрязнения плутонием (до 4 кБк/м² и выше) также находятся в пределах ближней зоны Чернобыльской АЭС. В России плотность загрязнения территории плутонием, как правило, не превышает 0,7 кБк/м².

Согласно оценкам пригодности почв для возделывания основных сельскохозяйственных культур, приведенным в ЕФИС ЗСН Минсельхоза России (Козубенко ..., 2018), почвы Чернобыльского следа характеризовались следующим качеством для сельскохозяйственного использования. Большая часть почв первой зоны (82,93 %) относилась к классу пригодных для сельскохозяйственных целей, а непригодных оказалось всего лишь 11,06 %. Во второй зоне площадей пригодных без ограничений почв оказалось всего лишь 3,54 % от площади зоны, а абсолютно преобладают почвы, непригодные для ведения сельского хозяйства (91,72 %). В третьей зоне пригодных без ограничений почв было 15,90 % от площади зоны, а непригодных почв – 65,25 %. Большие площади пригодных почв установлены для 4 зоны (74,45 % от площади зоны). Непригодных почв в этой зоне оказалось около 17,40 %. В целом, согласно полученным данным, в Чернобыльский след попало около 7,5 млн га почв,

пригодных без ограничений, 0,9 млн га почв, ограниченно пригодных, и около 2 млн га почв, непригодных для ведения сельского хозяйства (Аветян ..., 2023; Единый ..., 2014).

2.5 Современная радиозэкологическая обстановка

После аварии на Чернобыльской АЭС общая площадь загрязнения ^{137}Cs выше $37 \text{ кБк} \cdot \text{м}^{-2}$ (по состоянию на 1986 год) составила около 65 тыс. км^2 на территории 21 субъекта Российской Федерации. В результате радиоактивного распада к 2016 году площадь загрязнения ^{137}Cs уменьшилась примерно в 3 раза и составила более 22,56 тыс. км^2 , а к 2046 г. составит 12,53 тыс. км^2 (Табл. 2.10, Рис. 2.7).

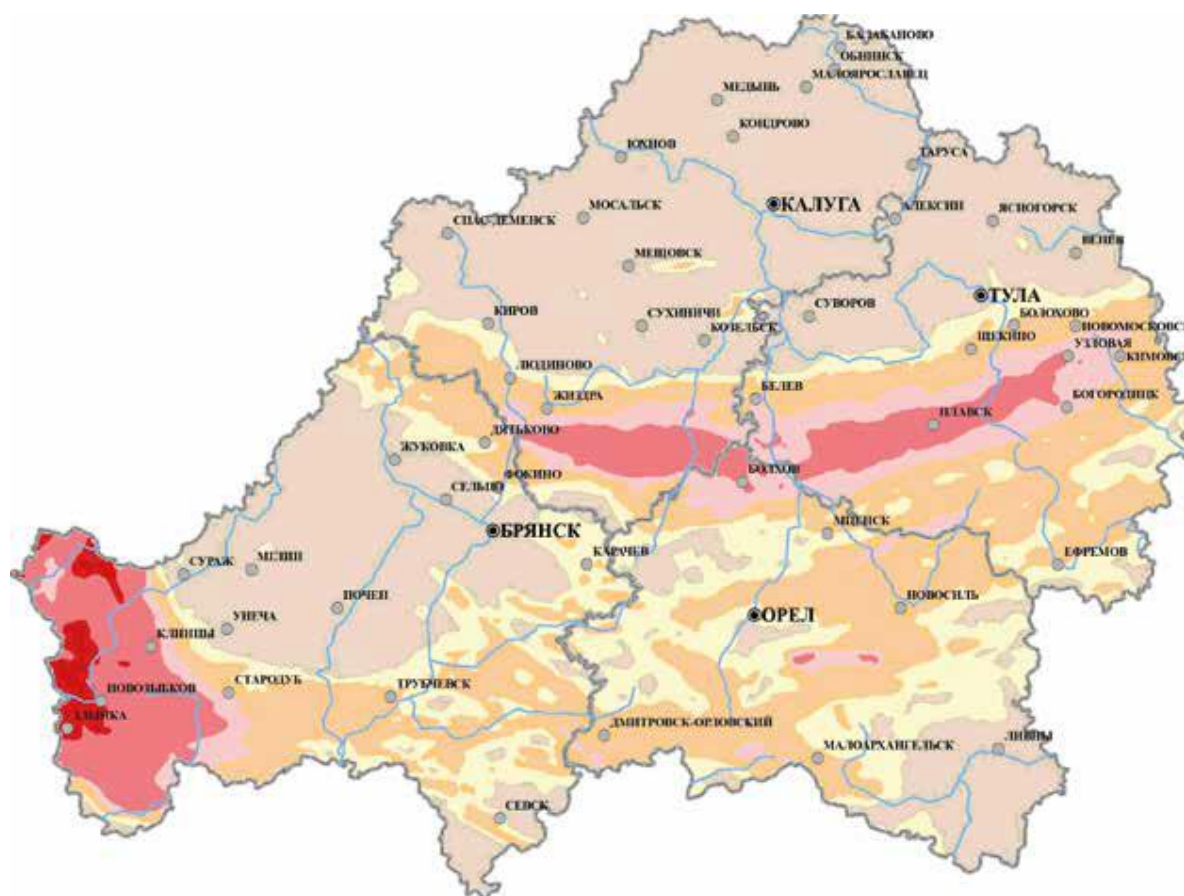


Рисунок 2.7 — Прогноз плотности загрязнения местности ^{137}Cs в результате аварии на Чернобыльской АЭС к 2056 г. (35 лет..., 2021)

Таблица 2.10 — Прогноз изменения площадей с различными уровнями загрязнения ^{137}Cs в Российской Федерации, га (Атлас ..., 2009)

Годы	Плотность загрязнения ^{137}Cs , кБк·м ⁻²				Всего
	37-185	185-555	555-1480	>1480	
1986	56260	5780	2070	580	64690
1996	48980	5330	1900	310	56520
2006	26260	3540	1280	40	31120
2016	18920	2780	850	-	22550
2026	15040	2700	625	-	18365
2036	12500	2340	190	-	15030
2046	10930	1500	100	-	12530

Пространственное распределение ^{137}Cs характеризуется высокой неоднородностью (Табл. 2.11). Максимальные значения плотности загрязнения почвы ^{137}Cs в рассматриваемых районах превышают средние уровни в 2-3 раза, а на отдельных локальных участках в 6-25 раз. Плотность загрязнения территории ^{90}Sr повсеместно значительно ниже по сравнению с ^{137}Cs .

В настоящее время изменение радиационной обстановки на загрязненных территориях определяется не только радиоактивным распадом, но и заглублением радионуклидов в почвах, фиксацией в геохимических и почвенных структурах, а также горизонтальной миграцией между ландшафтными комплексами.

Таблица 2.11 — Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs и ^{90}Sr в населенных пунктах России на территории аварийного чернобыльского следа на 01.01.2025 г., кБк/м² (Данные ..., 2025)

Область/район	^{137}Cs		^{90}Sr	
	средняя	максимальная	средняя	максимальная
Брянская				
Гордеевский	226±33	522±137	3,5±0,5	7,1±1,0
Злынковский	269±44	719±156	11,4±1,6	15,7±2,8
Клинцовский	102±13	296±47	3,2±0,3	6,8±0,8
Красногорский	203±75	468±190	6,6±1,6	15,5±4,9
Новozyбковский	310±30	767±167	5,9±0,6	14,6±3,1
Дубровский	4,1±0,8	8,6±1,2	0,18±0,04	0,3±0,1
Калужская				
Жиздринский	47±7	80±13	3,3±1,3	4,4±1,2
Ульяновский	79±8	141±16	2,9±0,3	3,4±0,3
Хвостовичский	38±9	78±19	2,1±0,4	3,1±0,8

Область/район	¹³⁷ Cs		⁹⁰ Sr	
	средняя	максимальная	средняя	максимальная
Тульская				
Арсеньевский	78±4	140±1	3,0±0,4	3,8±0,6
Белевский	37±4	71±10	3,0±1,2	5,2±1,6
Плавский	85±11	161±60	4,2±0,7	8,6±2,2
Заокский	3,3±0,4	8,8±3,1	—	—
Орловская				
Болховский	46±4	70±6	5,3±0,7	8,8±1,3
Урицкий	25±3	44±7	0,6±0,3	1,0±0,3
Новгородская				
	7,6±0,5	12±1	0,2±0,1	0,3±0,1

Поведение радионуклидов в почвах

Почва является главным депо искусственных радионуклидов. Обладая высокой емкостью поглощения, почвы определяют степень включения радионуклидов в процессы миграции и поступления радионуклидов по пищевым цепочкам в организм человека. Подвижность радионуклидов в почве определяется их распределением между двумя основными фазами – твердой и жидкой (почвенным раствором). Закрепление радионуклидов в почве происходит в основном за счет процессов сорбции-десорбции, осаждения– растворения труднорастворимых соединений и коагуляции–пептизации коллоидов (Сельскохозяйственная ..., 1992). Важной особенностью поведения ¹³⁷Cs является способность к необменной сорбции (фиксации) твердой фазой почв, что определяется содержанием в почве лабильных глинистых минералов. В зависимости от свойств почв содержание мобильных форм ¹³⁷Cs варьирует от 4,2 до 23,3 % (Табл. 2.12). В почвах Брянской и Калужской областей с преобладанием почв легкого гранулометрического состава содержание доступных форм ¹³⁷Cs в 1,5-5,6 раза выше по сравнению с плодородными и тяжелыми по гранулометрическому составу почвами Тульской, Орловской, Воронежской и Курской. По возрастанию способности к сорбции радионуклидов почвы образуют следующую последовательность: подзолистые < дерново-подзолистые < дерновые <

болотные < серые лесные < луговые < каштановые < черноземы.

Таблица 2.12 — Формы нахождения ^{137}Cs в основных типах почв в различных почвенно-климатических зонах (Радиоэкологические ..., 2018)

Тип почвы, гранулометрический состав	Формы нахождения		
	Обменная	Подвижная	Труднодоступная
Дерново-подзолистая			
песчаная	10,3±5,0	4,4±2,3	85,3
супесчаная	10,2±3,6	6,3±2,6	83,5
легкосуглинистая	11,3±3,1	7,0±1,7	81,7
среднесуглинистая	9,3±4,3	9,0±2,7	81,7
Дерново-карбонатная			
песчаная	13,7±5,4	9,6±3,8	76,7
супесчаная	13,5±2,9	8,6±2,2	77,9
легкосуглинистая	11,2±3,2	7,8±1,8	81,0
Серая лесная			
среднесуглинистая	7,5±3,7	5,9±4,6	86,6
Темно-серая лесная			
среднесуглинистая	5,4±3,6	3,5±2,9	91,1
Выщелоченный чернозем			
среднесуглинистый	5,2±4,1	3,3±1,7	91,5
Чернозем типичный			
тяжелосуглинистый	3,3±1,7	2,6±1,4	94,1
Лугово-черноземная			
тяжелосуглинистая	2,6±1,5	1,6±0,6	94,2
Пойменная аллювиальная			
легкосуглинистая	8,6±1,6	5,8±0,5	85,6

Попавшие в почву радионуклиды закрепляются, что приводит к снижению их подвижности. Для ^{137}Cs снижение подвижности в почве со временем получило название «старение». Время, требуемое для завершения процесса и установления равновесия, варьирует от 3 до 7 лет.

Выделено два периода, когда изменение содержания ^{137}Cs в обменной форме протекало с различной интенсивностью: первый - с 1986 по 1988 гг. и второй - с 1989 по 1995 гг. Первый период полуснижения содержания обменного ^{137}Cs в почве составил 2,4-3,5 года, а второй - 4,6-12,6 года (Табл. 2.13).

Колебания периодов полуснижения обусловлены влиянием характеристик выпадений и свойств почвы. Для зоны с преобладанием в выпадениях топливной компоненты периоды полуснижения содержания обменной формы ^{137}Cs в минеральных почвах выше, чем для зоны аэрозольных выпадений (Радиоэкологические ..., 2018).

Таблица 2.13 — Периоды полуснижения содержания обменной формы ^{137}Cs

Период полусни- жения, лет	Автоморфные		Гидроморфные	
	Дерново-подзолистые, дерновые		Дерново-глеевые оторфованные	
	Зона топливной компоненты	Зона аэро- зольных вы- падения	Зона топливной компоненты	Зона аэрозольных выпадения
Средний	5,3	5,2	3,7	3,5
1-ый	3,5	2,8	3,2	2,4
2-ой	4,5	9,5	8,9	12,6

Прочность сорбции и фиксации радионуклидов в почвах оказывает влияние на поведение радионуклидов в системе почва-растение — в зависимости от типа почвы накопление ^{137}Cs может различаться до двух порядков (Сельскохозяйственная ..., 1992). Минимальное накопление наблюдается на высокоплодородных почвах с высоким содержанием гумуса и илистой фракции (черноземы), а максимальное — на почвах легкого гранулометрического с низким уровнем плодородия (песчаные и подзолистые).

Показатели подвижности радионуклидов в почвах определяют также их способность к вертикальной и горизонтальной миграции.

Вертикальная миграция

Вертикальная миграция радионуклидов является естественным фактором самоочищения территории, снижающим радиационную нагрузку на население. Под вертикальной миграцией радионуклидов понимают совокупность процессов, приводящих к перемещению радионуклидов в почве. Выпавшие на поверхность почвы радионуклиды мигрируют под воздействием природных

биогеохимических процессов с разной скоростью в зависимости от вида ландшафта, типа почв и степени их увлажнения.

Вертикальная миграция ^{137}Cs в различных видах природных лугов после аварии на ЧАЭС протекает довольно медленно. На территории Полесской низменности в загрязненных районах в Брянской и Калужской областях на суходольных лугах на водораздельных плакорных участках через 3 года после аварии основная часть ^{137}Cs сосредоточена в слое 0-2 см (94,5 %) (Табл. 2.14.)

Таблица 2.14 — Динамика изменения запаса ^{137}Cs в почвах на лугах различных типов основных ландшафтов зоны загрязнения, % (Анисимов и др., 2021)

Глубина, см	Плакорные ландшафты			Пойменные ландшафты			Переувлажненные ландшафты		
	Суходольный луг			Пойменный луг			Низинный торфяник		
	дерново-подзолистые супесчаные почвы			пойменные аллювиальные глееватые супесчаные почвы			дерново-подзолистые глеевые легко-суглинистые почвы		
	1986	1989	2020	1986	1989	2020	1986	1989	2020
0-2	100	94,5	20,8	100	79,1	11,5	100	89,1	15,8
2-5	<п/о	5,2	64,7	<п/о	18,6	17,8	<п/о	9,5	29,3
5-10	<п/о	0,3	13,0	<п/о	2,2	39,2	<п/о	1,3	20,0
10-15	<п/о	<п/о	1,26	<п/о	0,1	21,4	<п/о	0,1	13,8
15-20	<п/о	<п/о	0,14	<п/о	<п/о	8,0	<п/о	<п/о	11,2
20-25	<п/о	<п/о	0,05	<п/о	<п/о	1,4	<п/о	<п/о	5,3
25-30	<п/о	<п/о	0,03	<п/о	<п/о	0,5	<п/о	<п/о	4,2
30-35	<п/о	<п/о	0,02	<п/о	<п/о	0,2	<п/о	<п/о	0,4

* п/о - предел обнаружения радионуклида

К 2020 году максимальное содержание ^{137}Cs 64,7% регистрируется в слое 2-5 см, а 1,45 % ^{137}Cs от общего запаса обнаружено на глубине более 15-30 см. В пойменных ландшафтах в долине р. Припять (Гомельская область) к 1989 г. максимальное содержание ^{137}Cs зарегистрировано в слое 0-2 см 79,1%. К 2020 году произошло существенное перераспределение ^{137}Cs : общий запас в слое 5-15 см составил 60,6 %, а в слое 15-30 – 9,9%. На низинных торфяниках в 1989 г. более 89,1% ^{137}Cs содержалось в слое 0-2 см. К 2020 году максимальное содержание ^{137}Cs наблюдалось в слое 0-10 см – более 65,2 % от суммарного запаса, 30,3 % зарегистрировано в 10-20 см и 4,6 % на глубине 25-35 см. ^{137}Cs наиболее интенсивно перераспределялся по слоям гидроморфных

увлажненных низинных торфяников. С увеличением степени гидроморфизма почв скорость вертикальной миграции радионуклидов возрастает.

Характер распределения радионуклидов на лугах различных типов в значительной степени зависит от почвенных характеристик, в частности гранулометрического состава почв (Рис. 2.8). Через 7-8 лет после аварии основная часть ^{137}Cs находится в слое 0-5 см. В торфяных почвах процесс вертикальной миграции происходит интенсивнее, чем в минеральных почвах. В них только 40-70% радионуклидов сосредоточены в слое 0-5 см, в то время как в минеральных почвах – более 90%.

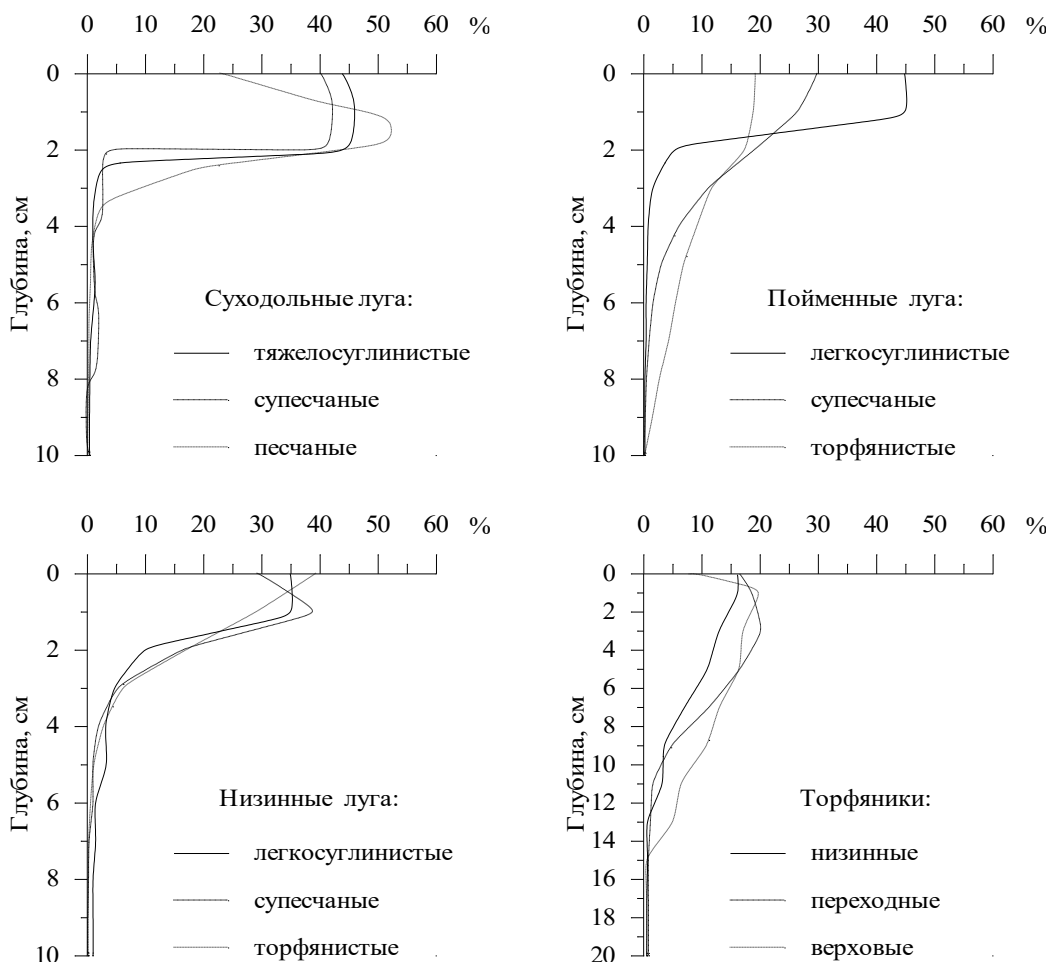


Рисунок 2.8 — Вертикальное распределение ^{137}Cs на лугах различных типов в зависимости от характеристик почвенного покрова (1993-1994 гг.) (Радио-экологические ..., 2018)

Для описания процессов миграции используются математические модели, одной из основных является квазидиффузионная двухкомпонентная модель, построенная на предположениях, что процесс миграции квазидиффузионный и что в выпадениях наличествуют две компоненты радионуклидов, характеризующиеся различными скоростями переноса («медленная» и «быстрая») (Фесенко и др., 1997). Максимальные коэффициенты квазидиффузии получены для болотных лугов от 0,097 до 0,464 см²/год для «медленной» компоненты и от 0,40 до 1,28 см²/год для «быстрой». Средние параметры квазидиффузии и конвективного переноса ¹³⁷Cs для минеральных почв в 4-5 раза ниже, чем для торфяных и составляют 0.015-0.062 и 0.09-1.39 см²/год соответственно для «медленной» и «быстрой» компонент. Основной вклад вносит «медленная» компонента миграции. Использование двухкомпонентной конвективно-квазидиффузионной модели показало зависимость скорости вертикальной миграции ¹³⁷Cs от гидрологического режима лугов, типа и гранулометрического состава почв. Коэффициенты миграции ¹³⁷Cs в почвах уменьшаются в ряду: болотные луга > низинные луга > пойменные луга > суходольные луга.

Одним из основных интегральных параметров, используемых для прогноза радиологической обстановки, является эффективный период получищения (T_{eff}) корнеобитаемого слоя почвы – время, в течение которого содержание радионуклидов в корнеобитаемом слое почв уменьшается в 2 раза (с учетом радиоактивного распада). Наиболее длительные периоды получищения почв от ¹³⁷Cs получены для суходольных лугов (T_{eff} = 29,5-29,6 года), а наименьшие (T_{eff} = 11-13,9 года) – для болотных лугов на торфяниках. По величине периодов получищения корнеобитаемого слоя почв луга располагаются в следующей последовательности: суходольные луга (среднесуглинистые почвы) > суходольные луга (песчаные почвы) > низинные (влажные) луга (легкосуглинистые почвы) > пойменные луга (суглинистые почвы) > низинные луга (торфяные почвы) > пойменные луга (торфяные почвы) > болотные луга (торфяные почвы). Этот показатель также имеет четкую зависимость от

гранулометрического состава почв и увеличивается в ряду: песчаные и супесчаные почвы < легкие и средние суглинки < тяжелые суглинки (Табл. 2.15).

Таблица 2.15 — Эффективные периоды полувыведения ^{137}Cs из корнеобитаемого слоя почвы для лугов различных типов, годы (Фесенко и др., 1997)

Группы почв	T_{eff}	Группы почв	T_{eff}
Суходольные луга		Пойменные луга	
Песчаные	29,5	Супесчаные	28,1
Супесчаные	29,6	Торфяные	20,0
Среднесуглинистые	29,5		
Низинные луга		Болотные луга	
Легкосуглинистые	28,4	Переходный торфяник	11,0
Торфяные	27,1	Низинный торфяник	13,9

Оценка вклада вертикальной миграции в снижение содержания ^{137}Cs в корнеобитаемом слое почвы. Уменьшение содержания радионуклидов в корнеобитаемом слое почвы определяется двумя процессами: выносом радионуклидов за пределы этого слоя (природное самоочищение) и радиоактивным распадом. Самоочищение играет определяющую роль на почвах с избыточным увлажнением (Фесенко и др., 1997). На торфяных почвах (болотный луг) снижение содержания ^{137}Cs в почве на 99% обусловлено выносом радионуклидов из корнеобитаемого слоя. Несколько ниже вклад этого процесса на пойменных лугах (59% – на торфяной и 24% – на супесчаной почве). Незначителен вклад природных процессов в очищение почвы на суходольном (2,2%) и низинном лугах (5,4%). Вклад природного самоочищения почв обусловлен специфическими особенностями миграции ^{137}Cs на лугах различного типа.

Латеральная миграция радионуклидов (на примере Тульской области)

Трансформация первичного поля радиоактивного загрязнения, сформированного в апреле-мае 1986 года на территории Тульской области, происходила под влиянием эрозионно-аккумулятивных процессов на пашне и во всех звеньях флювиальной сети, включая реки и водоёмы. Латеральная миграция

^{137}Cs Чернобыльского происхождения на водосборах малых рек Тульской области изучена не в полной мере, несмотря на высокую экологическую значимость данной проблемы.

Для определения неоднородности выпадения ^{137}Cs из атмосферы, оценивались запасы в почвах на геоморфологически стабильных «опорных» участках. Здесь фактором трансформации первичного поля загрязнения является только радиоактивный распад, который уменьшает запасы ^{137}Cs в почве на 2,27 % в год (Шамшурина, 2009). Для учета неоднородности выпадения количество точек опробования на «опорных» участках составило 12, что в большинстве случаев является достаточным для статистически достоверного определения среднего запаса ^{137}Cs (Шамшурина и др., 2016). На участках с уровнем загрязнения свыше 37 кБк/м² коэффициент вариации запасов ^{137}Cs варьировал от 9 до 26% (Шамшурина и др., 2016), что в среднем несколько превышает коэффициент вариации (12-16 %) на участках с фоновым уровнем загрязнения меньше 37 кБк/м² (Шамшурина, 2009).

На примере участка бассейна р. Локны ($S=35 \text{ км}^2$), расположенного в зоне «Плавского» радиоактивного пятна, реконструирована картина чернобыльских выпадений ^{137}Cs в 1986 г на основании данных запаса на 6 «опорных» участках (Рис. 2.9). Распределение ^{137}Cs в почве после аварии было обусловлено циркуляцией атмосферных воздушных масс в период 26 апреля–15 мая 1986 г. В наибольшей степени были загрязнены те районы, где в этот период отмечались дождевые осадки.

На пашне «Плавского» радиоактивного пятна на расстоянии 100–150 м были зафиксированы двух- и даже почти трёхкратные колебания содержания ^{137}Cs в почве (Рис. 2.10) (Zhidkin et al., 2020). Это указывает на зоны внутрисклонового переотложения наносов на пашне, что существенно осложняет структуру поля радиоактивного загрязнения.

Исследования, проведенные через 11 лет после аварии, не выявили значительных потерь радионуклида ^{137}Cs на обрабатываемых склонах, но при

этом отмечен существенный рост его содержания в местах локального накопления наносов, где суммарные запасы ^{137}Cs увеличились в 1,5–2 раза (Golosov et al., 1999).

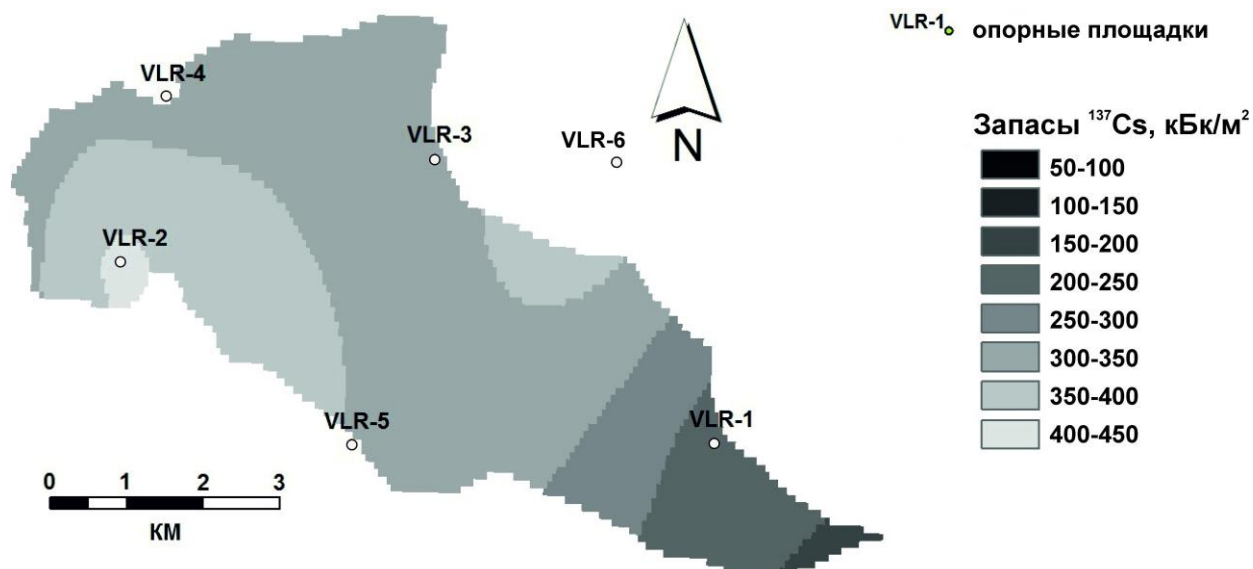


Рисунок 2.9 — Реконструкция первичного распределения ^{137}Cs в 1986 г. в почве верховьев бассейна реки Локны с использованием данных с опорных площадок (Шамшурина и др., 2016)

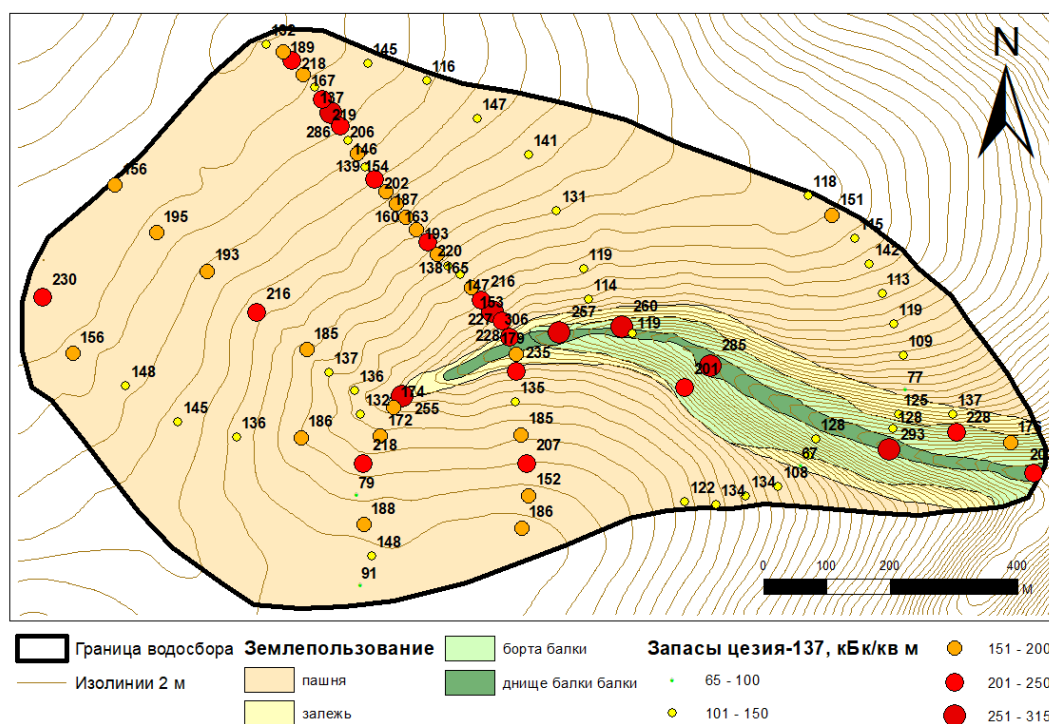


Рисунок 2.10 — Распределение запасов ^{137}Cs в почве малого водосбора ($S=1 \text{ км}^2$) в Тульской области (Zhidkin et al., 2020)

Суммарные выпадения ^{137}Cs в 1986 г. составили $287.9 \cdot 10^{12}$ Бк, а за 26 лет перемещено со склонов порядка $12.2 \cdot 10^{12}$ Бк запасов ^{137}Cs (в пересчете на 1986 г), что позволяет оценить среднегодовые потери запасов на пашне за счёт смыва порядка 0,2% (Иванов и др., 2023). Внутрисклоновая аккумуляция составила порядка 31,4% или треть от всех мобилизованных наносов с 1986 по 2012 г (Табл. 2.16), что является существенным фактором трансформации поля радиоактивного загрязнения, который необходимо учитывать.

Таблица 2.16 — Распределение запасов ^{137}Cs между различными составляющими баланса наносов бассейна р. Плавы за период 1986–2012 гг. (Иванов и др., 2023)

Составляющая баланса наносов	Запасы ^{137}Cs , 10^{12} Бк*	Доля от мобилизованных процессами эрозии запасов, %
Смыв с обрабатываемых склонов	12,20	100,00
Внутрисклоновая аккумуляция	4.7	31.4
Вынос в долинную сеть	7.5	68.6
Аккумуляция в днищах сухих долин	2.9–4.2	26.9–38.1
Поступление в днища речных долин	3.3–4.6	18.8–30
Пойменная аккумуляция	2.3–3.7	10–11
Вынос за пределы бассейна р. Плавы со стоком наносов	1–2.3	8.1–19.4

* в пересчете на 1986 г.

Суммарная аккумуляция в днищах овражно-балочной сети бассейна р. Плавы составила к 2012 году 26.9–38.1% от общего объема смытых наносов, что соответственно, способствовало дальнейшему росту запасов ^{137}Cs на данных позициях.

Исследования, проведенные в первую декаду после аварии, показали, что в днища речных долин из балочной сети выносятся не более 7% от всего объема смытого с пашни материала (Фридман и др., 1997, Panin et al., 2001). Дальнейшие комплексные исследования в бассейне р. Плава позволили установить, что с учётом поступления наносов непосредственно с пахотных склонов в днища речных долин выносятся 19 – 30% мобилизованных процессами

эрозии запасов радионуклида, из которых 10 - 11% откладываются в пойме, а 8 - 19% выносятся за пределы бассейна (табл. 2.16.).

В 2009-2010 годах на пойме р. Плавы в зонах с различным уровнем загрязнения был проведён отбор проб на 5 площадках для определения уровней радиоактивного загрязнения различных уровней поймы, включая аккумуляцию ^{137}Cs за счёт латеральной миграции с площади водосбора (Атлас..., 2009, Иванова и др., 2014). Содержание ^{137}Cs в верхних 10-15 см в отложениях на низкой пойме существенно ниже, чем на других уровнях из-за поступления наилка - свежих речных наносов, формирующихся, в том числе за счёт размыва берегов. Отмечено, что в почве на низкой пойме, которая долго находится в затопленном состоянии, чернобыльский пик на эпюре вертикального распределения ^{137}Cs выражен более резко, чем на других пойменных уровнях, где активность почвенной мезофауны приводит к сглаживанию различий в концентрации изотопа между слоями (Иванова и др., 2014).

Для оценки накопления чернобыльского ^{137}Cs в пойме р. Упы ниже устья р. Плава в 2016 году был проведён отбор проб в пределах площадок, расположенных на участке поймы выше впадения р. Плавы и вниз по течению (на высоте 0.8 – 1.3 м над меженным уровнем) (Голосов и др., 2020). Мощность аллювиальных наносов, отложившихся после 1986 года, варьировала от 30 см, а в некоторых разрезах превышают глубину отбора (80 см). Несмотря на то, что на момент выпадения в 1986 году уровни загрязнения на исследуемых площадках на пойме р. Упы не превышали 1 Ки/км², снижаясь до 0,54 Ки/км² в приустьевой части, к моменту исследования все запасы составляли выше 1,0 Ки/км², в связи с накоплением аллювиальных наносов, загрязнённых ^{137}Cs , поступающих в р. Упу из р. Плавы.

Сток наносов из верхней части бассейна р. Упы, загрязнённых ^{137}Cs , в основном перехватывается Щёкинским водохранилищем. Суммарные запасы ^{137}Cs в затопленном русле более чем в 20 раз превышают запасы на мелководье

(Иванов и др., 2019). В глубоководной части происходит регулярное отложение взвешенных наносов, поступающих вместе с речным стоком р. Упы. Полученные данные подтверждают результаты ранних мониторинговых оценок в бассейне р. Оки, которые выявили трехкратное снижение концентрации ^{137}Cs в стоке рек к 1988 году и относительную стабилизацию вплоть до начала 1990-х годов (Vaculovskii et al., 1996). По данным опробования 12 колонок, отобранных со дна Щекинского водохранилища, средняя концентрация ^{137}Cs в пост-чернобыльских донных наносах, составляет в среднем примерно 463 Бк/кг (Голосов и др., 2021). Согласно полученным оценкам, масса донных отложений, накопившихся с 1986 по 2018 год, составляет 410-454 тыс. т или 20 ГБк ^{137}Cs .

Детальные оценки запасов ^{137}Cs на малом водосборе в пределах «Плавского» радиоактивного пятна (Zhidkin et al., 2023) согласуются со смоделированными среднесноголетними темпами смыва, полученными на основе моделей WaTEM/SEDEM для ливневого смыва и Государственного Гидрологического Института (ГГИ) для талого смыва. По разнице между средним запасом ^{137}Cs на приводораздельных участках, где эрозия почв практически отсутствует, и в 77 точках обследования на склонах был рассчитан объем почвенного вещества, смытого с пашни водосбора. Данные оценки, проведенные по изменениям запасов ^{137}Cs по площади водосбора, оказались сопоставимы с оценками, полученными с помощью расчётов по эрозионной модели, отклонения от среднего составили лишь около 8%. Дальнейшее развитие моделей латеральной миграции радиоактивных веществ представляется перспективным для создания сценарных оценок поступления загрязняющих веществ в долинно-балочную сеть, реки и водохранилища в условиях угрозы возникновения новых чрезвычайных ситуаций.

Для составления долгосрочных прогнозов изменения полей радиоактивного загрязнения и оценки новых экологических угроз необходимо тщательно исследовать механизмы и пути перемещения радионуклидов в результате про-

явления эрозионно-аккумулятивных процессов. В Тульской области в настоящее время доля посевных площадей не превышает 37 % (Шамшурина, Жидкин, 2025), но в связи с государственной политикой, подразумевающей возвращение залежных земель в сельскохозяйственный оборот, увеличение площадей пахотных земель и климатические изменения (увеличение частоты ливней) может привести к интенсификации смыва с полей Cs-содержащих наносов. Систематическое наблюдение за состоянием водохранилищ в зонах радиационного загрязнения является необходимым условием обеспечения экологической безопасности региона и предотвращения возможных негативных последствий. Следует не допускать спуска водохранилища из-за реального риска вторичного загрязнения р. Упы донными отложениями водохранилища.

Экологическое воздействие на биоту

Согласно современным оценкам, наибольшие уровни облучения биоты на территории чернобыльского следа наблюдаются в Брянской области (Табл. 2.17) (Крышев, 2021, актуализированные данные).

В Калужской (Ульяновский район), Тульской (Плавский район) и Орловской (Болховский район) областях мощности доз заметно снижаются. Наименьшие значения наблюдаются в Новгородской области, где дозы для всех видов не превышают 1,5 мкГр/сут. Ни в одном из рассматриваемых регионов средние значения мощности дозы не достигают предельных уровней недопустимого экологического риска. Вместе с тем на наиболее загрязненных участках территории Брянской области в отдельных случаях мощности дозы облучения диких животных (лось) потенциально могли превышать ПРН (Рис. 2.11).

Максимальные значения мощности дозы в 1,5-2,5 раза превышают средние уровни облучения, представленные в таблице 2.17, что связано с неодно-

родностью распределения радионуклидов в почвах. В большинстве обследованных районов максимальные уровни облучения организмов биоты в настоящее время заметно ниже ПРН.

Таблица 2.17 — Оценки дозы облучения наземной биоты от загрязнения почвы ^{137}Cs и ^{90}Sr (средние значения) на территории чернобыльского следа России (на 01.01.2025 г.), мкГр/сут

Область/Район	Рыжая полевка	Лось	Сосна	Дождевой червь
Брянская область				
Новозыбковский	30,1±2,9	57,8±5,5	10,2±1,0	16,6±1,6
Гордеевский	21,8±3,2	41,9±6,1	7,3±1,1	12,1±1,8
Калужская область				
Ульяновский	7,9±0,8	15,1±1,5	2,3±0,2	4,3±0,4
Тульская область				
Плавский	8,7±1,1	16,3±2,1	2,5±0,3	4,6±0,6
Орловская область				
Болховский	5,2±0,5	9,4±0,9	1,5±0,1	2,5±0,2
Новгородская область				
	0,74±0,06	1,42±0,11	0,21±0,02	0,41±0,03
ПРН	1000	100	1000	10000

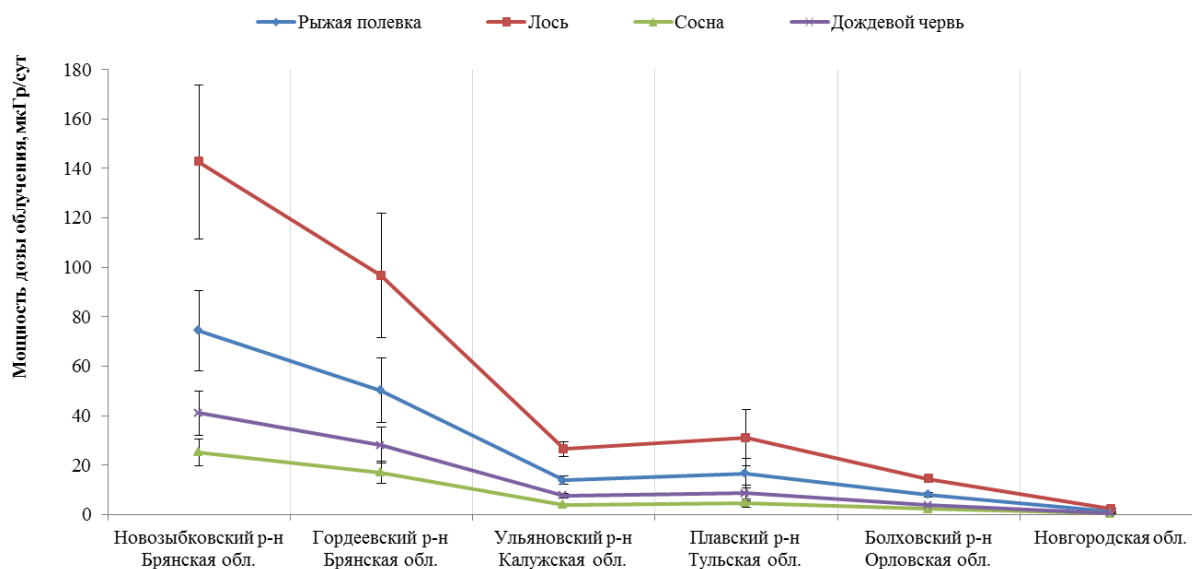


Рисунок 2.11 — Максимальные оценки дозы облучения наземной биоты от загрязнения почвы ^{137}Cs и ^{90}Sr в окрестностях населенных пунктов России на территории аварийного чернобыльского следа (на 01.01.2025 г.), мкГр/сут

Многолетняя динамика мощности дозы облучения организмов наземной биоты характеризуется постепенным снижением (Рис. 2.12), обусловленным процессами физического распада этих радионуклидов и их миграцией вглубь почвы. Согласно современным оценкам, мощность дозы облучения организмов биоты (лоси, мышевидные грызуны, сосна и др.), обитающей на наиболее загрязненных участках чернобыльского следа в России снизилась в 20-30 раз по сравнению с 1986 годом (Крышев, 2021, актуализированные данные).

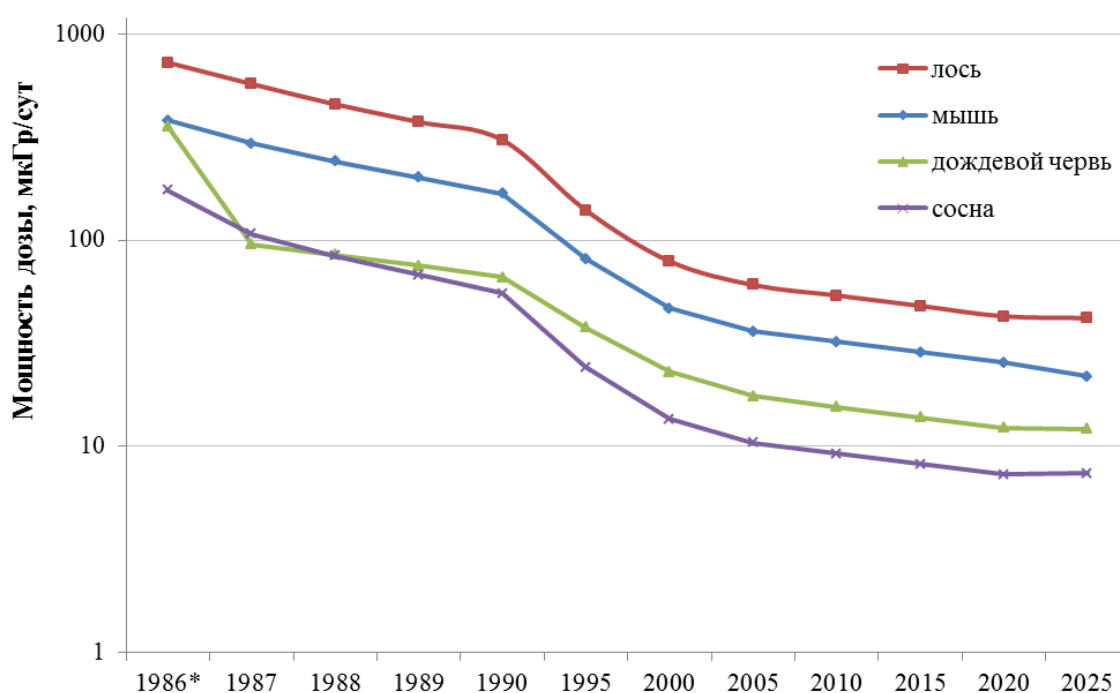


Рисунок 2.12 — Многолетняя динамика мощности дозы облучения референтных организмов наземной биоты. Гордеевский район Брянской области (1986*-2025). 1986* – по данным за май-декабрь 1986 г.

Характерной чертой формирования радиоэкологической обстановки на территории аварийного следа является относительно медленное снижение концентрации ^{137}Cs в ряде компонентов природной среды (почва, лесные и озерные экосистемы). В загрязненных районах Брянской области наблюдается превышение допустимых уровней содержания ^{137}Cs в грибах (40% исследованных образцов), в лесных ягодах (55 %), мышцах диких животных

(50%), рыбе местных водоемов (18 %). В зонах загрязнения 5-15 Ки/км² содержание ¹³⁷Cs в грибах составляет 2000-13000 Бк/кг, мышцах диких животных 1500-5600 Бк/кг, в рыбе местных водоемов 70-460 Бк/кг (Романович и др. 2025).

Наиболее высокие величины интегрального показателя загрязнения (ИПЗ) почвы в современный период определены для территорий Новозыбковского, Злынковского, Гордеевского и Красногорского районов Брянской области (Табл. 2.18). Эти величины в 30-150 раз выше ИПЗ в малозагрязненных районах Брянской области, однако, не превышают экологически безопасного уровня. В зонах отчуждения Брянской области по-прежнему фиксируются участки территорий с ИПЗ, превышающими контрольный уровень загрязнения почвы по экологическому критерию. Основной вклад в ИПЗ аварийного следа в Брянской области вносит ¹³⁷Cs (90-96%).

В других рассматриваемых регионах уровни загрязнения существенно ниже, превышений экологически безопасного уровня не наблюдается. В Калужской и Тульской области значения ИПЗ в наиболее загрязненных районах в 11-45 раз ниже безопасного уровня, в малозагрязненном Заокском районе – в 625 раз. В Орловской области показатели ниже безопасного уровня в 22-77 раз. В Новгородской области ИПЗ – минимальный и составляет менее 1% от экологически безопасного уровня для биоты.

Спустя четыре десятилетия после аварии именно ¹³⁷Cs остается основным дозообразующим радионуклидом на подавляющей части аварийного следа – во всех изучаемых районах доминирующий вклад в интегральный показатель загрязнения вносит именно ¹³⁷Cs - от 78% до 100%.

Можно выделить несколько характерных временных масштабов в формировании радиоэкологической обстановки на территории аварийного чернобыльского следа (Крышев и др., 1991; Алексахин и др., 2001; Экологические, 2008).

Таблица 2.18 — Оценка интегрального показателя загрязнения почвы на территории чернобыльского следа в России (по данным на январь 2025 г.)

Область/район	ИПЗ (средний)	ИПЗ (максимальный)	Вклад в ИПЗ ^{137}Cs
Брянская область			
Гордеевский	0,11±0,02	0,27±0,07 (1,7)*	96%
Злынковский	0,15±0,02	0,38±0,08 (1,2)	90%
Клинцовский	0,05±0,01	0,16±0,02 (0,78)	93%
Красногорский	0,11±0,04	0,25±0,10 (2,6)	92%
Новозыбковский	0,16±0,02	0,40±0,09 (2,0)	95%
Дубровский	0,0023±0,0004	0,005±0,001	90%
Калужская область			
Жиздринский	0,027±0,005	0,046±0,008 (0,17)	85%
Ульяновский	0,043±0,004	0,075±0,008 (0,25)	92%
Хвастовичский	0,022±0,005	0,043±0,010 (0,18)	88%
Тульская область			
Арсеньевский	0,043±0,002	0,075±0,007 (0,23)	91%
Белевский	0,022±0,003	0,042±0,007 (0,31)	83%
Плавский	0,048±0,006	0,09±0,03 (0,47)	89%
Заокский	0,0016±0,0002	0,0044±0,0015	100%
Орловская область			
Болховский	0,030±0,003	0,046±0,005 (0,14)	78%
Урицкий	0,013±0,002	0,023±0,004 (0,08)	94%
Новгородская область			
	0,0040±0,0004	0,0064±0,0006	94%

* в скобках максимальные значения ИПЗ на локальных наиболее загрязненных участках

В течение первого этапа (временной масштаб – месяц) происходил атмосферный перенос и осаждение радионуклидов на компоненты наземной и водной среды. Согласно данным наблюдений во многих районах аварийного следа максимальные уровни радиоактивных выпадений на четыре-пять поряд-

ков превышали фоновые уровни. Основной вклад в радиоактивное загрязнение вносили относительно короткоживущие радионуклиды, такие как ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{103}Ru , ^{131}I , ^{132}I , ^{132}Te , ^{140}Ba , ^{140}La , ^{141}Ce , ^{239}Np и др. Именно для этого периода характерны максимальные экологические риски в зоне отчуждения ЧАЭС. Отметим также, что в течение данного этапа происходило значительное снижение радиоактивности воздуха и воды, не только вследствие процессов радиоактивного распада короткоживущих радионуклидов, но и накопления радионуклидов в биоте, почве и донных отложениях. Обычно снижение радиоактивности в воздухе и воде интерпретируется как процесс самоочищения природных сред. Однако, при этом следует иметь в виду, что «очищение» атмосферы сопровождается, например, загрязнением лесных биоценозов, а «очищение» воды от радионуклидов влечет за собой загрязнение гидробионтов и донных отложений.

На втором этапе (характерный временной масштаб – годы) происходило перераспределение радионуклидов между компонентами экосистем. По мере распада короткоживущих радионуклидов основное значение в формировании экологического риска в зоне отчуждения ЧАЭС стали приобретать ^{137}Cs , ^{134}Cs и ^{90}Sr , а на отдельных участках трансурановые радионуклиды. На большей части аварийного следа основным источником радиоэкологического воздействия является ^{137}Cs , содержание которого в компонентах экосистем существенно возросло по сравнению с фоновым дочернобыльским уровнем. Для водных экосистем наблюдались такие динамические проявления аварийного загрязнения радиоцезием как эффект трофических уровней и размерно-возрастной эффект. В соответствии с эффектом трофических уровней максимальные уровни загрязнения радиоцезием хищной рыбы отмечались не в первый период, а через несколько лет после аварии и в дальнейшем превышали в 2-3 раза уровни загрязнения нехищных рыб. Показано, что в течение первых лет после аварии наиболее загрязненными радиоцезием последовательно оказывались рыбы разных возрастов вследствие процессов конкуренции накопления и

выведения этого радионуклида. Сначала наиболее загрязненными были рыбы младших возрастов, затем максимум загрязнения смещался в сторону старших возрастов (Рябов, 2004; Kryshev, Ryabov, 2000).

На третьем этапе (характерный масштаб – десятилетия) происходит постепенное снижение загрязнения объектов окружающей среды в основном в результате радиоактивного распада. Согласно данным мониторинга по прошествии 40 лет после Чернобыльской аварии большая часть ^{137}Cs находится в верхнем слое почвы толщиной 5-10 см, в результате по-прежнему происходит поступление этого радионуклида в объекты живой природы. По-прежнему остаются загрязненными существенно выше фоновых значений грибы, ягоды, дикие животные, озерная рыба для ряда территорий аварийного следа.

Список литературы к разделу 2

1. Аветян, С. А. Картографическая интерпретация химического и радиационного загрязнения почв России / С. А. Аветян, Н. В. Савицкая, И. Ю. Савин, Е. А. Шишконокова // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. — 2023. — № 114. — С. 29–65. — DOI 10.19047/0136-1694-2023-114-29-65. — Текст : электронный.
2. Алексахин, Р.М. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Р. М. Алексахин, Л. А. Булдаков [и др.] ; под редакцией Л. А. Ильина, В. А. Губанова. — Москва : ИздАТ, 2001. — 752 с. — Текст : непосредственный.
3. Анисимов, В. С. Вертикальная миграция ^{137}Cs чернобыльских выпадений в различных ландшафтах / В. С. Анисимов, В. К. Кузнецов, А. И. Санжаров // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2021. — Т. 61, № 3. — С. 286–300. — Текст : непосредственный.
4. Атлас радиоактивного загрязнения Европейской части России, Белоруссии и Украины. — Москва : Федеральная служба геодезии и картографии России, 1998. — 143 с. — Текст : непосредственный.
5. Атлас радиоактивного загрязнения Европы цезием после чернобыльской аварии / научный руководитель Ю. А. Израэль. — Люксембург : Офис официальных публикаций Европейской комиссии, 1998. — 73 с. — Текст : непосредственный.

6. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия-Беларусь) / под редакцией Ю. А. Израэля, И. М. Богdevича. — Москва–Минск : Фонд «Инфосфера»–НИА-Природа, 2009. — 140 с. — Текст : непосредственный.
7. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси / под редакцией Ю. А. Израэля, И. М. Богdevича. — Москва–Минск : Фонд «Инфосфера»–НИИ Природа, 2009. — 140 с. — Текст : непосредственный.
8. Болтнева, Л. И. Глобальное загрязнение цезием-137 и стронцием-90 и доза внешнего облучения на территории СССР / Л. И. Болтнева, Ю. А. Израэль, И. М. Назаров [и др.] // Атомная энергия. — 1977. — Т. 42. — С. 355-362. — Текст : непосредственный.
9. Вакуловский, С. М. Радиационная обстановка на территории России, пострадавшей от аварии на Чернобыльской АЭС / С. М. Вакуловский // Чернобыль: экология, человек, здоровье : сборник материалов научно-практического семинара (Москва, ВВЦ, 6-7 декабря 2006 г.) / под общей редакцией Т. А. Марченко. — Москва : ИБРАЭ РАН, 2006. — С. 33–37. — Текст : непосредственный.
10. Вакуловский, С. М. Радиоэкологический мониторинг окружающей среды в Брянской области в 1998-1999 гг. / С. М. Вакуловский, Я. И. Газиyев [и др.] // Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях : труды Международной конференции (Москва, 24-26 апреля 2000 г.). — Санкт-Петербург : Гидрометеoиздат, 2000. — Т. 2. — С. 19–24. — Текст : непосредственный.
11. Голосов, В. Н. Оценка перераспределения ^{137}Cs в пойменных отложениях реки Упы (Тульская область) после аварии на Чернобыльской АЭС / В. Н. Голосов, Л. В. Кукcина, М. М. Иванов [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия географическая. — 2020. — № 1. — С. 67–79. — Текст : непосредственный.
12. Голосов, В. Н. Эрозия как фактор трансформации радиоактивного загрязнения почв на водосборе Щекинского водохранилища (Тульская область) / В. Н. Голосов, М. М. Иванов, А. С. Цыпленков [и др.] // Почвоведение. — 2021. — № 2. — С. 247–260. — Текст : непосредственный.
13. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-(239+240) / под редакцией С. М. Вакуловского ; составитель В. Н. Яхрюшин. — Обнинск : ФГБУ «НПО «Тайфун», 2020. — 224 с. — Текст : электронный. —

- URL: https://www.rpatyphoon.ru/upload/medialibrary/e6a/ezheg_rzrf_2020.pdf (дата обращения: 03.04.2026).
14. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-(239+240) / составитель В. Н. Яхрюшин. — Обнинск : ФГБУ «НПО «Тайфун», 2025. — 229 с. — Текст : электронный. — URL: https://www.rpatyphoon.ru/upload/medialibrary/ezhegodniki/rzrf/ezheg_rzrf_2025.pdf (дата обращения: 03.04.2026).
 15. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. — Москва : Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2014. — 760 с. — Текст : непосредственный.
 16. Загрязнение почв Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областей. — Брянск, 1993. — 67 с. — Текст : непосредственный.
 17. Иванов, М. М. Баланс наносов и миграция ^{137}Cs в зоне Чернобыльского загрязнения: опыт и итоги исследований в бассейне р. Плавы, Тульская область / М. М. Иванов, В. Н. Голосов, Н. Н. Иванова // Геоморфология и палеогеография. — 2023. — Т. 54, № 1. — С. 55–73. — Текст : непосредственный.
 18. Иванов, М. М. Динамика накопления ^{137}Cs в донных осадках Щекинского водохранилища за постчернобыльский период / М. М. Иванов, А. Л. Гуринов, Н. Н. Иванова [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2019. — Т. 59, № 6. — С. 651–663. — Текст : непосредственный.
 19. Иванова, Н. Н. Оценка перераспределения ^{137}Cs экзогенными процессами в днище долины р. Плава (Тульская область) после аварии на Чернобыльской АЭС / Н. Н. Иванова, Е. Н. Шамшурина, В. Н. Голосов [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 5. География. — 2014. — № 1. — С. 24–34. — Текст : непосредственный.
 20. Израэль, Ю. А. Радиоактивное загрязнение природных сред в результате аварии на Чернобыльской атомной станции / Ю. А. Израэль. — Москва : ИГКЭ, 2006. — 21 с. — Текст : непосредственный.
 21. Израэль, Ю. А. Радиоактивные выпадения после ядерных взрывов и аварий / Ю. А. Израэль. — Санкт-Петербург : Прогресс-Погода, 1996. — 355 с. — Текст : непосредственный.
 22. Израэль, Ю. А. Чернобыль: Радиоактивное загрязнение природных сред / Ю. А. Израэль, С. М. Вакуловский [и др.]. — Ленинград : Гидрометеиздат, 1990. — 296 с. — Текст : непосредственный.
 23. Клебанович Н. В. География почв Беларуси. Минск: БГУ, 2009. 198 с.

24. Коган, Р. М. Основы гамма-спектрометрии природных сред / Р. М. Коган, И. М. Назаров, Ш. Д. Фридман. — 3-е изд. — Москва : Энергоатомиздат, 1991. — 232 с. — Текст : непосредственный.
25. Козубенко, И. С. Почвенная информация в аналитическом центре минсельхоза России / И. С. Козубенко // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. — 2018. — № 92. — С. 3–15. — DOI 10.19047/0136-1694-2018-92-3-15. — Текст : электронный.
26. Крышев, И. И. Оценка радиоэкологической обстановки на территориях аварийного чернобыльского следа в России (1986-2020) / И. И. Крышев, А. А. Бурякова, Т. Г. Сазыкина // Радиация и риск. — 2021. — Т. 30, № 2. — С. 25–37. — Текст : непосредственный.
27. Крышев, И. И. Экологические риски чернобыльской аварии / И. И. Крышев, Т. Г. Сазыкина, А. И. Крышев // Радиоактивность после ядерных взрывов и аварий: последствия и пути преодоления : сборник трудов конференции (Обнинск, 19-21 апреля 2016 г.). — Обнинск : ФГБУ «НПО «Тайфун», 2016. — С. 246–266. — Текст : непосредственный.
28. Крышев, И.И. Радиоэкологические последствия Чернобыльской аварии / И. И. Крышев, Р. М. Алексахин [и др.]. — Москва : Ядерное Общество СССР, 1991. — 204 с. — Текст : непосредственный.
29. Люксембургское бюро для официальных изданий европейских сообществ, 1998. — 71 с. — Текст : непосредственный.
30. Национальный атлас почв Российской Федерации. — Москва : Астрель : АСТ, 2011. — 632 с. — Текст : непосредственный.
31. Национальный атлас России. Том 2. Природа и экология. — Москва : ФГУП ГОСГИСЦЕНТР, 2004. — 495 с. — Текст : непосредственный.
32. Национальный атлас России. Том 2. Природа. Экология. — Москва : Федеральное агентство геодезии и картографии России, 2007. — 496 с. — Текст : непосредственный.
33. Олейник, В. К. Результаты радиоэкологической экспедиции по территории 30-километровой зоны Чернобыльской АЭС и двенадцати областей России, Украины и Белоруссии в августе 1986 года / В. К. Олейник, И. И. Крышев // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. — 2004. — № 2. — С. 24–30. — Текст : непосредственный.
34. Радиоактивное загрязнение территории СССР в 1986 г. : ежегодник / под редакцией К. П. Махонько. — Обнинск : НПО «Тайфун», 1987. — 134 с. — Текст : непосредственный.

35. Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий : монография / под редакцией Н. И. Санжаровой, С. В. Фесенко. — Москва : РАН, 2018. — 278 с. — Текст : непосредственный.
36. Рекомендации Р 52.18.853-2016. Порядок расчета контрольных уровней содержания радионуклидов в пресной воде и почве : утверждены Росгидрометом Минприроды России 17.08.2016 г. // Порядок расчета контрольных уровней содержания радионуклидов в объектах природной среды : сборник рекомендаций. — Обнинск, 2016. — С. 29–55. — Текст : непосредственный.
37. Рекомендации Р 52.18.923-2022. Порядок оценки риска от радиоактивного загрязнения окружающей среды по данным мониторинга радиационной обстановки : утверждены Росгидрометом Минприроды России 26.12.2022 г. — Обнинск, 2023. — 28 с. — Текст : непосредственный.
38. Романович, И. К. Содержание ^{137}Cs в пищевых продуктах природного происхождения по результатам современных радиационно-гигиенических обследований приграничных с Республикой Беларусь населенных пунктов Брянской области / И. К. Романович, А. Б. Базюкин [и др.] // Радиационная гигиена. — 2025. — Т. 18, № 1. — С. 7–17. — DOI 10.21514/1998-426X-2025-18-1-7-17. — Текст : электронный.
39. Российский национальный доклад: 35 лет чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России. 1986—2021 / под общей редакцией Л. А. Большова ; Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук. — Москва : Академ-Принт, 2021. — 104 с. — Текст : непосредственный.
40. Рябов, И. Н. Радиоэкология рыб водоемов в зоне влияния аварии на Чернобыльской АЭС / И. Н. Рябов. — Москва : КМК, 2004. — 215 с. — Текст : непосредственный.
41. Сазыкина, Т. Г. Определение граничных уровней возникновения эффектов хронического облучения млекопитающих с разной продолжительностью жизни / Т. Г. Сазыкина, А. И. Крышев // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2024. — Т. 64, № 5. — С. 499–509. — Текст : непосредственный.
42. Сельскохозяйственная радиоэкология / под редакцией Р. М. Алексахина, Н. А. Корнеева. — Москва : Экология, 1992. — 400 с. — Текст : непосредственный.

43. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень / под общей редакцией Е. И. Громадской. — Минск : РУП «ЦНИИКИВР», 2023. — 151 с. — Текст : непосредственный.
44. Фесенко, С. В. Оценка периодов полуснижения содержания ^{137}Cs в корнеобитаемом слое почвы луговых экосистем / С. В. Фесенко, С. И. Спиридонов, Н. И. Санжарова, Р. М. Алексахин // Радиационная биология. Радиоэкология. — 1997. — Т. 37, вып. 2. — С. 267–280. — Текст : непосредственный.
45. Фридман, Ш. Д. Миграция цезия-137 в сопряженных геокомплексах Среднерусской возвышенности / Ш. Д. Фридман, Е. В. Квасникова, О. В. Глушко [и др.] // Метеорология и гидрология. — 1997. — № 5. — С. 45–55. — Текст : непосредственный.
46. Чернобыль. Пять трудных лет : сборник материалов. — Москва : ИздАТ, 1991. — 381 с. — Текст : непосредственный.
47. Шамшурина, Е. Н. Изменения площади пашни, состава культур и темпов эрозии почв на Среднерусской возвышенности в постсоветский период / Е. Н. Шамшурина, А. П. Жидкин // Земледелие. — 2025. — № 8. — С. 45–50. — Текст : непосредственный.
48. Шамшурина, Е. Н. Пространственно-временная реконструкция поля выпадения чернобыльского ^{137}Cs на почвенный покров в верховьях бассейна реки Локны / Е. Н. Шамшурина, В. Н. Голосов, М. М. Иванов // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2016. — № 4. — С. 414–425. — Текст : непосредственный.
49. Шамшурина, Е. Н. Радиоэкологические аспекты современного загрязнения почв малых водосборов Курской области / Е. Н. Шамшурина // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. — 2009. — № 1. — С. 27–33. — Текст : непосредственный.
50. Шершаков, В. М. Радиоактивное загрязнение населённых пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-(239+240) в результате Чернобыльской аварии / В. М. Шершаков, В. Г. Булгаков [и др.]. — Москва : Информполиграф, 2012. — 312 с. — Текст : непосредственный.
51. Экологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и их преодоление: двадцатилетний опыт. — Вена : МАГАТЭ, 2008. — 199 с. — Текст : непосредственный.
52. CD, ATLAS, Ukraine, radioactive contamination, MES. — ТОВ «Інтелектуальні системи ГЕО», 2008. — Текст : непосредственный.
53. Golosov, V. N. Chernobyl ^{137}Cs redistribution in the small basin of the Lokna river, Central Russia / V. N. Golosov, A. V. Panin, M. V. Markelov // Physics

- and Chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy. — 1999. — Vol. 24, Iss. 10. — P. 881–885. — Текст : непосредственный.
54. ICRP Publication 124. Protection of the Environment under Different Exposure Situations // Annals of the ICRP. — 2014. — Vol. 43, № 1. — 58 p. — Текст : непосредственный.
 55. Kryshev, A. I. A dynamic model of ^{137}Cs accumulation by fish of different age classes / A. I. Kryshev, I. N. Ryabov // Journal of Environmental Radioactivity. — 2000. — Vol. 50, № 3. — P. 221–233. — Текст : непосредственный.
 56. Kryshev, I. I. Dose Assessment and Reconstruction in the Areas of Russia Exposed to Radioactive Contamination / I. I. Kryshev, K. P. Makhon'ko, T. G. Sazykina. — Moscow : Nuclear Society, 1994. — 74 p. — Текст : непосредственный.
 57. Kryshev, I. I. Radioactive Contamination of Aquatic Ecosystems Following the Chernobyl Accident / I. I. Kryshev // Journal of Environmental Radioactivity. — 1995. — Vol. 27, № 3. — P. 207–219. — Текст : непосредственный.
 58. Panin, A. V. The role of soil erosion and fluvial processes in the post-fallout redistribution of Chernobyl-derived caesium-137: a case study of the Lapki catchment, Central Russia / A. V. Panin, D. E. Walling, V. N. Golosov // Geomorphology. — 2001. — Vol. 40, Iss. 3–4. — P. 185–204. — Текст : непосредственный.
 59. Vaculovskii, S. M. ^{137}Cs and ^{90}Sr contamination of Russian Federation water objects in the influence zone of the Chernobyl NPS / S. M. Vaculovskii, L. A. Nikitin [et al.] // Journal of Meteorology and Hydrology. — 1996. — № 4. — P. 18–24. — Текст : непосредственный.
 60. Zhidkin, A. P. Detailed study of post-chernobyl Cs-137 redistribution in the soils of a small agricultural catchment (Tula region, Russia) / A. P. Zhidkin, E. N. Shamshurina, V. N. Golosov [et al.] // Journal of Environmental Radioactivity. — 2020. — Vol. 223. — P. 106386. — Текст : непосредственный.
 61. Zhidkin, A. P. Soil erosion models verification in a small catchment for different time windows with changing cropland boundary / A. P. Zhidkin, A. Gennadiev, D. Fomicheva [et al.] // Geoderma. — 2023. — Vol. 430. — P. 116322. — DOI 10.1016/j.geoderma.2022.116322. — Текст : электронный.

3. Сельское и лесное хозяйство: радиоэкологические последствия, современное состояние

Одним из наиболее тяжелых экологических и социально-экономических последствий аварии на Чернобыльской АЭС явилось масштабное загрязнение сельскохозяйственных земель. Чернобыльская авария признана «сельской аварией», так как регион аварии относится к зоне интенсивного агропромышленного производства, а основные загрязненные территории – это земли сельскохозяйственного назначения. В составе радиоактивных выпадений преобладали биологически очень подвижные ^{90}Sr , ^{131}I и ^{137}Cs , которые интенсивно мигрируют и накапливаются в сельскохозяйственной продукции. К природным особенностям территории следует отнести распространение малоплодородных почв легкого гранулометрического состава, характеризующихся повышенной подвижностью радионуклидов. Аварийные выбросы пришлось на поздневесенний период, когда скот был выгнан на пастбища, завершился посев культур и была достаточно развита биомасса растений. На загрязненных территориях проживало в основном население, имеющее «сельский» тип питания в рационе которого преобладали продукты местного производства, что определяло более высокие дозы, как внешнего, так и внутреннего облучения сельских жителей (в 1,3-4,0 раза выше, чем горожан).

На территориях с высокими уровнями загрязнения прекращена или в значительной степени ограничена традиционная хозяйственная деятельность. Согласно нормативным правовым актам в 1986-1991 гг. исключены из использования в Беларуси – 264 тыс. га, России – 17,1 тыс. га и Украине – 158,3 тыс. га сельскохозяйственных угодий. За пределами территории, имеющей статус государственного радиационно-экологического заповедника, из сельскохозяйственного использования в Беларуси выведено 176,25 тыс. га и за пределами зоны отчуждения (30-километровой зоны) в Украине – 101,3 тыс. га. В Беларуси эти земли относятся к зонам эвакуации (отчуждения), первоочередного

отселения; в Украине – к зоне безусловного (обязательного) отселения; в России – к зоне отчуждения (Закон № 1227-ХІІ, 1991; Постановление № 1008, 1992).

Ликвидация последствий аварии потребовала разработки специальных приемов и технологий организации АПК, а также колоссальных затрат. Применение защитных мероприятий на загрязненных территориях характеризовалось рядом особенностей. Во-первых, состав и динамика радиоактивных выбросов обусловили резкое изменение радиационной обстановки в различные периоды после аварии. Во-вторых, в результате аварийного выброса распределение радионуклидов по территории было неравномерным, что поставило задачу организации зональной системы ведения сельского хозяйства. В-третьих, в различные периоды после аварии необходимо было разработать систему защитных мероприятий, которая позволяла бы в наибольшей степени снизить негативные последствия радиоактивного загрязнения для АПК. Важнейшей задачей на всех этапах ликвидации аварии явилось обеспечение населения безопасной продукцией, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям.

3.1 Российская Федерация

3.1.1 Ситуация в сельском хозяйстве в острый период после аварии

В первый период после аварийных выпадений остро встал вопрос об оценке радиационной обстановки в сельском хозяйстве. Началась масштабная работа по картированию земель, зонированию загрязненных угодий, организации радиационного контроля сельскохозяйственной продукции и т.п. 14 мая 1986 г. Госагропром СССР издал Приказ №210 о проведении специального обследования сельскохозяйственных угодий, загрязненных радиоактивными веществами, в Белгородской, Тульской, Курской, Орловской, Брянской, Киевской, Житомирской, Черниговской, Гомельской, Могилевской, Минской и

Брестской областях. Обследование проводилось областными проектно-исследовательскими станциями в период с 20 мая по 15 июня по единым методикам ВНИИ сельскохозяйственной радиологии Минсельхоза Российской Федерации (впоследствии ВНИИ радиологии и агроэкологии – ВНИИРАЭ) (Алексехин, 2002).

Начиная с мая 1986 г., службами Минсельхоза России начаты работы по детальному картированию сельскохозяйственных угодий в зоне загрязнения на уровне отдельных участков и полей. Первый тур обследований проведен в 1986-1988 гг. Было отобрано более 100 тыс. проб почв пахотных и естественных сельскохозяйственных угодий. В результате обследований составлены карты загрязнения сельскохозяйственных угодий различной степени агрегации – крупномасштабные карты загрязнения территории областей, а также детальные карты загрязнения отдельных хозяйств. Уже в 1987 году эти карты переданы во все хозяйства Брянской, Тульской, Калужской и Орловской областей, что обеспечило административные органы информацией для реорганизации производства на загрязненных территориях.

Впервые выявлены пространственные закономерности распределения ^{137}Cs на сельскохозяйственных угодьях, что позволило дать оценку радиологической обстановки в сельском хозяйстве и организовать проведение контролер. Максимальные плотности радиоактивных выпадений ^{137}Cs (свыше 1480 кБк/м²) выявлены в Брянской области (Табл. 3.1). Впоследствии уточнение радиационной обстановки проводилось агрохимической службой с периодичностью в 4-5 лет, а в настоящее время является обязательным элементом комплексного агрохимического обследования.

Учитывая опыт работы по ликвидации последствий радиационной аварии на Южном Урале, было принято решение о разделении всей загрязненной территории на несколько «зон загрязнения», исходя из возможности получения нормативной продукции в каждой из них при проведении защитных мероприятий различной степени сложности. Это решение дало возможность уже в

мае – июне 1986 г. разработать подробные рекомендации по особенностям ведения агропромышленного производства в последующие годы на территориях с разными уровнями загрязнения, то есть по зонам загрязнения с учетом агрохимических особенностей сельскохозяйственных угодий (Сборник ..., 2006).

Таблица 3.1 — Распределение площадей сельскохозяйственных угодий по плотности загрязнения ^{137}Cs (га) (1987 г.)*

Область	Плотность загрязнения ^{137}Cs , кБк/м ²				Всего
	37-185	185-555	555-1480	>1480	
Брянская	401 400	186 600	97 600	17106	702 706
Калужская	111 700	33 100	700	-	145 500
Орловская	652 086	16 668	-	-	668 754
Тульская	653 000	125 700	-	-	778 700

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

Впоследствии второй тур масштабного детального картирования уровней загрязнения сельскохозяйственных земель проведен в 1993–1996 гг. Третий тур в 1998–1999 гг. выполнялся в связи с ужесточением санитарно-гигиенических нормативов на содержание радионуклидов в пищевых продуктах. (Санжарова, Фесенко, 2018). В настоящее время работы по мониторингу радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель проводятся агрохимической службой Минсельхоза России на постоянной основе в рамках 4-летних циклов агрохимического обследования.

Оценка радиационной обстановки в животноводстве. На протяжении всего периода после аварии критической по превышению санитарно-гигиенических нормативов является продукция животноводства, в первую очередь молоко. В 1986 г. из более 200 населённых пунктов с плотностью загрязнения более 555 кБк м-2 (15 Ки км-2) эвакуировано 8813 голов крупного рогатого скота и более 15 тыс. мелкого рогатого скота, овец и свиней. В 1987-1988 гг. дополнительно изъято 6881 голов крупного рогатого скота и более 10 тыс. других животных и организовано снабжение жителей продуктами питания, производимыми в общественном секторе, либо завозимыми из «чистых» районов.

Специалистами ВНИИРАЭ был разработан и широко внедрен метод прижизненного контроля сельскохозяйственных животных, что остановило неоправданный забой скота (Рис. 3.1). Были разработаны рекомендации по заключительному откорму животных с целью получения «чистого» мяса, переработке и использованию получаемой продукции (молока, мяса, шерсти, зерна, картофеля и др.) на пищевые и технические цели.



Рисунок 3.1 — Прижизненное определение ^{137}Cs в организме сельскохозяйственных животных

Роль научных рекомендаций. Уже в первые месяцы после аварии подготовлены Памятки по ведению сельскохозяйственных работ для работников сельского хозяйства и населения, проживающего на следе аварийного выброса Чернобыльской АЭС, на различные периоды сельскохозяйственных работ. Для острого периода разработаны рекомендации по использованию загрязненных кормов для сельскохозяйственных животных, заключительному откорму животных с целью получения «чистого» мяса, переработке и использованию получаемой продукции (молока, мяса, шерсти, зерна, картофеля и др.) на пищевые и технические цели.

В практическом плане выполнение рекомендаций позволило сохранить тысячи тонн продовольственной продукции, обеспечить сохранение сельскохозяйственного производства и возможность безопасного проживания населения на подавляющей части загрязненной территории. Как отмечалось во многих международных материалах, проведенные мероприятия позволили уже в первые годы после аварии минимум в 2-3 раза снизить дозовую нагрузку на население пострадавших территорий. Именно специалисты по сельскохозяйственной радиологии обеспечили основную работу по сохранению социально-производственной структуры в сельском хозяйстве на территориях пострадавших областей.

3.1.2 Динамика загрязнений сельскохозяйственных угодий и их современное состояние

В России в результате аварии на ЧАЭС в зону загрязнения в 21 регионе попало около 15 млн. га сельскохозяйственных земель. Наиболее высокие уровни загрязнения были зарегистрированы в Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областях. Сельскохозяйственное производство в этих областях велось на площади 6,69 млн. га, из которых около 2,3 млн. га имели уровни загрязнения ^{137}Cs свыше 37 кБк·м⁻² (Атлас ..., 2009). Максимальные плотности радиоактивных выпадений ^{137}Cs (свыше 1480 кБк/м²) выявлены в Брянской области, где 17,1 тыс. га сельскохозяйственных угодий временно выведены из землепользования, в том числе сенокосов и пастбищ – 9,8 тыс. га, а пахотных земель – 7,3 тыс. га (Табл. 3.2). Сельскохозяйственные угодья в Брянской области выводились из землепользования поэтапно, начиная с 1987 года. Основные площади выведены из оборота по решению Брянского облисполкома № 414 от 18.09.1990 г. Решение базировалось на результатах крупномасштабного радиологического картографирования загрязненных территорий, выполненного Брянским Центром «Агрохимрадиология». Всего в зону отчуждения вошли сельскохозяйственные угодья 23 хозяйств Гордеевского, Злынковского,

Клинцовского, Красногорского и Новозыбковского районов Брянской области (Рис. 3.2). Выведенные из оборота земли сельскохозяйственного назначения были переведены в земли запаса.

Таблица 3.2 Сельскохозяйственные угодья, временно выведенные из землепользования на территории Брянской области России (1987-1991 гг.)*

Район	Площадь сельхозугодий, га		
	Всего	Пашня	Сенокосы и пастбища
Гордеевский	2731	555	2176
Злынковский	1014	187	827
Клинцовский	1209	-	1209
Красногорский	6287	3649	2638
Новозыбковский	5699	2692	3007
Прочие земли	160	-	-
<i>По области</i>	<i>17100</i>	<i>7083</i>	<i>9857</i>

* данные ФГУ Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский»

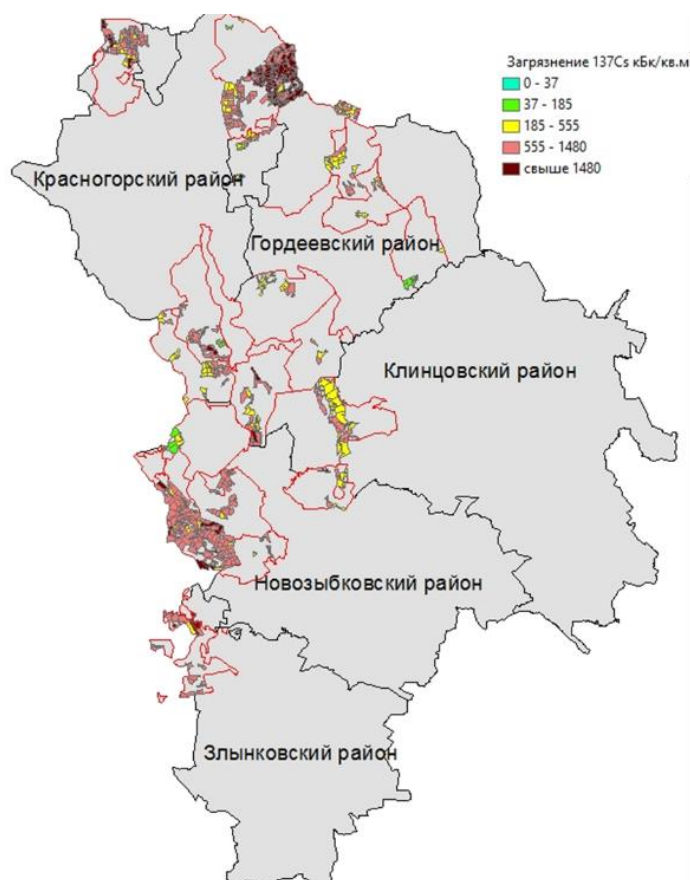


Рисунок 3.2 — Карта-схема сельскохозяйственных земель, выведенных из хозяйственного использования

Реализация зонального принципа привела к выделению 4 зон по плотности загрязнения ^{137}Cs : 37-185 (1-5), 185-555 (5-15), 555-1480 (15-40) и более 1480 (40) кБк/м² (Ки/км²). На территории Российской Федерации площади с плотностью загрязнения 185-555 кБк/м² составили около 5500 км², 555-1480 – 2100, свыше 1480 кБк/м² – 310 км² (Рис. 3.3). В наибольшей степени загрязненной ^{137}Cs оказалась территория Брянской области, где в 1987 году доля земель с плотностью загрязнения 37-185 кБк·м⁻² составляла 79,2%; 185-555 - 15,8%; 555-1480 – 4,3%; > 1480 кБк·м⁻² – 4,3% (Табл. 3.3).

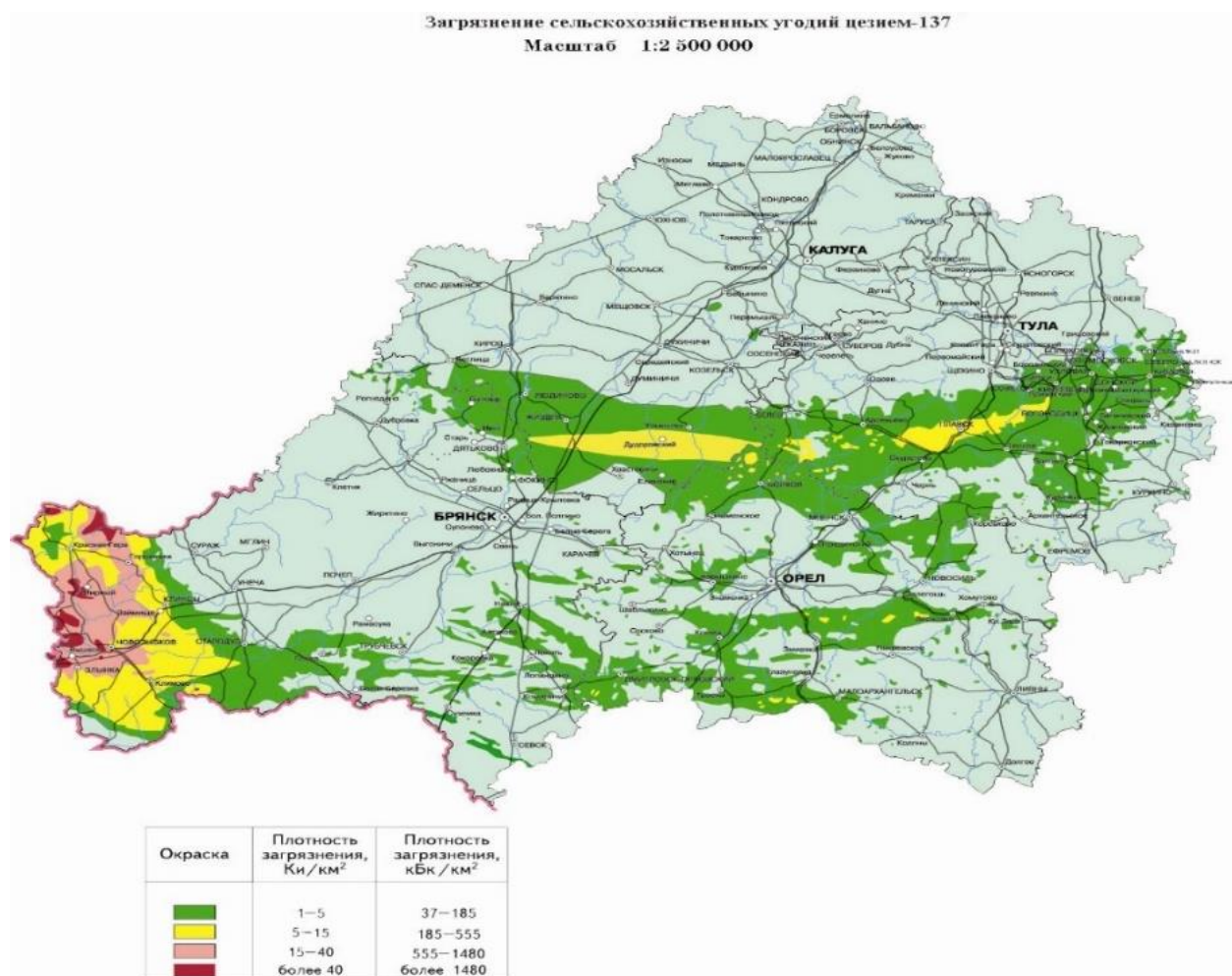


Рисунок 3.3 — Плотность загрязнения сельскохозяйственных земель ^{137}Cs в результате аварии на Чернобыльской АЭС (Санжарова и др., 2018)

Таблица 3.3 — Динамика сокращения площадей сельскохозяйственных земель, загрязненных ^{137}Cs , в наиболее загрязненных областях России, га

Область	Год	Плотность загрязнения почв ^{137}Cs , кБк/м ²				
		37-185	185-555	555-1480	>1480	Всего (>1)
Брянская	1987	401 400	186 600	97 600	17 106	702 706
	2007	260 400	125 400	30 900	5 450	422 150
	2015	235 200	110 600	27 900	4 600	378 300
	2019	238 931	91 630	19 836	1 614	352 011
	2020	233 000	91 700	19 800	1 600	346 100
	2025	232 900	84 800	22 100	3 200	343 000
Калужская	1987	111 700	33 100	700	-	145 500
	2007	107 531	12 599	-	-	120 133
	2015	93 733	5 397	-	-	99 130
	2019	92 416	3532	-	-	95 948
	2025	43 406	579	-	-	43 985
Орловская	1987	652 086	16 668	-	-	668 754
	2007	414 660	7 362	-	-	422 022
	2015	286 367	4 944	-	-	291 311
	2019	238 330	4 785	-	-	243 115
	2025	126 894	764	-	-	127 658
Тульская	1987	653 000	125 700	-	-	778 700
	2007	502 100	55 000	-	-	557 100
	2015	488 050	24 910	-	-	512 960
	2019	371 900	800	-	-	372 700
	2025	342 600	900	-	-	343 500

* данные предоставлены подразделениями агрохимической службы Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей Минсельхоза России

Многолетние наблюдения показывают устойчивое снижение уровней загрязнения, которое обусловлено, в первую очередь, естественным распадом ^{137}Cs (Табл. 3.4). К 2025 году радиационная обстановка существенно улучшилась. В 4-х наиболее загрязненных ^{137}Cs областях Российской Федерации площади сельскохозяйственных земель, отнесенных к зонам загрязнения, сократились в результате радиоактивного распада в два и более раз в Брянской и Тульской областях, в Калужской и Орловской - в 3 и 5 раз. При этом основная часть земель имеет плотность загрязнения ^{137}Cs ниже 185 кБк/м²: 68,1 % в Брянской области; 98,7 % в Калужской; 99,4% в Орловской и 99,7 % в Тульской областях. В Калужской, Орловской и Тульской областях изменение ситуации в значительной степени связано с уменьшением площадей земель с плот-

ностью загрязнения 185-555 кБк/м². В целом по Брянской области средневзвешенный показатель плотности загрязнения почв составляет на сельскохозяйственных угодьях 94,5 кБк/м²: на пашне – 41,8 кБк/м², на естественных кормовых угодьях 94,5 кБк/м². В юго-западных районах плотность загрязнения снизилась в 2,6 раза, в том числе на пашне – 2,9 и кормовых угодьях – 2 раза.

Таблица 3.4 Прогноз снижения плотности загрязнения сельскохозяйственных угодий ¹³⁷Cs по годам

Район	Общее		Пашня		Сенокосы и пастбища	
	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.
Брянская область						
Гордеевский	2050	2120	2035	2110	2060	2135
Злынковский	до 2015	2140	до 2015	2135	до 2015	2150
Климовский	до 2015	2080	до 2015	2075	до 2015	2110
Клинцовский	до 2015	2110	до 2015	2095	до 2015	2130
Красногорский	2015	2165	2015	2165	2015	2180
Новозыбковский	2070	2145	2065	2130	2080	2155
Калужская область						
Жиздринский	до 2015	2070	до 2015	2070	до 2015	2075
Ульяновский	до 2015	2080	до 2015	2080	до 2015	2080
Хвастовичский	до 2015	2080	до 2015	2075	до 2015	2080
Орловская область						
Болховский	до 2015	2075	до 2015	2075	до 2015	2080
Тульская область						
Плавский	до 2015	2085	до 2015	2085	до 2015	2090

* ведение сельскохозяйственного производства допустимо без ограничения по радиологическому фактору при плотности загрязнения ¹³⁷Cs менее 37 кБк/м² (1 Ки/км²)

Площадь угодий, находящихся в зоне отчуждения в Брянской области (плотность загрязнения ¹³⁷Cs свыше 1480 кБк/м²), сократилась до 3,2 тыс. га. Следует отметить, что в 2020 г. эта площадь составляла 1,6 тыс. га. Такая ситуация связана с дополнительным увеличением площади обследования земель с плотностью загрязнения свыше 1480 кБк/м², которые ранее были выведены из землепользования в земли запаса (зона отчуждения), а в настоящее время проводится оценка их потенциальной возможности возвращения в хозяйственное использование.

Для определения возможности дальнейшего использования загрязнённых территорий, на которых ведение сельскохозяйственного производства допустимо без ограничения по радиологическому фактору, необходимо оценить в течение какого срока уровни плотности загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий станут ниже 37 кБк/м^2 (1 Ки/км^2).

По прогнозу к 2056 году 42% земель с плотностью загрязнения в настоящее время $\leq 555 \text{ кБк/м}^2$ могут быть полностью возвращены в хозяйственное использование и ведение сельскохозяйственного производства без ограничения по радиационному фактору (Панов и др., 2017).

Для 230 хозяйств в наиболее загрязнённых районах Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей показано, что плотность загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий снизится до уровня менее 37 кБк/м^2 к 2050 г. в 42% из них, к 2100 г. – в 88% и к 2150 г. – практически во всех сельскохозяйственных предприятиях (Табл. 3.4). В Красногорском районе Брянской области снижение плотности загрязнения ^{137}Cs участков сенокосов и пастбищ до уровня менее 37 кБк/м^2 произойдёт лишь к 2180 г. Прогнозные оценки позволяют выделить проблемы на различных этапах ликвидации последствий аварии и корректировать стратегию реабилитации сельскохозяйственных территорий в отдаленный период после аварии на ЧАЭС.

Возврат сельскохозяйственных земель в хозяйственное использование является одной из приоритетных задач на современном этапе ликвидации последствий аварии. Особенностью сельскохозяйственных земель, временно выведенных из оборота, является высокая вариабельность плотности загрязнения и пространственная неоднородность. Часть угодий полностью попала в зону отчуждения, а часть представлена участками в структуре землепользования действующих сельскохозяйственных предприятий. По мере улучшения радиационной обстановки осуществляется поэтапный возврат земель в хозяйственное использование.

В рамках федеральной целевой программы 2011-2015 гг. были проведены первые работы по возврату 5,34 тыс. га земель, а также обоснована возможность возвращения после реабилитации 2,93 тыс. га в 23 хозяйствах Гордеевского, Злынковского, Красногорского, Новозыбковского и Клинецовского районов после проведения реабилитационных работ.

На основании уточнения радиационной обстановки в 2020 г. на территориях с высокой плотностью загрязнения (555-1480 кБк/м²) Брянским филиалом ФГБУ «РосАгрохимслужба» в хозяйствах колхоз им. 24 Партсъезда (Рис. 3.4) и колхоз им. Кирова Красногорского района были выделены угодья (1711 га и 1408 га, соответственно), которые после проведения реабилитационных мероприятий могут быть поэтапно возвращены в хозяйственное использование.



Рисунок 3.4 — Карта-схема поэтапного возвращения в хозяйственное использование выведенных из оборота сельскохозяйственных угодий хозяйства «им. Партсъезда» Красногорского района Брянской области

Применение реабилитационных мероприятий является основным средством, позволяющим сократить время возврата земель. Принятие решения

должно базироваться на анализе радиационной обстановки, оценке возможности ведения работ по реабилитации (наличие людских, материальных и финансовых ресурсов), прогнозировании эффекта от реабилитации. При этом должна быть обеспечена максимальная эффективность реабилитационных мероприятий на основании принципа оптимизации по радиологическим, экономическим, социально-психологическим и другим критериям.

3.1.3 Динамика загрязнений сельскохозяйственной продукции

Для решения задач, связанных с контролем и оценкой радиационной обстановки, была создана система радиационного контроля и мониторинга сельскохозяйственных объектов. Было выполнено более 300 тыс. измерений содержания ^{137}Cs в продукции растениеводства (включая корма для животных) и более 1 миллиона измерений содержания радионуклидов в продукции животноводства. Внедрение программ радиационного мониторинга позволило принять оперативные меры по переработке продукции, не соответствующей нормативам, и предложить стратегии защитных мероприятий, обеспечивающих максимальный эффект от их внедрения. В то же время объемы и сроки проведения мониторинга различных видов продукции существенно отличались в зависимости от текущих уровней загрязнения и необходимости в их контроле. Период мониторинга содержания ^{137}Cs овощах и картофеле охватывал 21 год после аварии, тогда как измерения содержания ^{137}Cs в зерне и кормах для животных продолжался до 2024 года. Наиболее интенсивно мониторинг проводился в хозяйствах и населенных пунктах юго-западных районов Брянской области, в которых отмечались высокие плотности загрязнения ^{137}Cs сенокосов и пастбищ. Объем мониторинга в целом соответствовал как плотности загрязнения сельскохозяйственных угодий, так и количеству хозяйств общественного и частного секторов.

В первые недели после аварии на Чернобыльской АЭС основную проблему с точки зрения формирования доз облучения людей представлял ^{131}I . В

конце апреля — начале мая 1986 г. молочный скот начал выпасаться на пастбищах, 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 суммарные дозы облучения населения на загрязненных радионуклидами территориях России был невелик.

Загрязнение сельскохозяйственной продукции в 1986 году

В первый год после аварии на значительной территории Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областей уровни радиоактивных выпадений оказались настолько высоки, что не позволяли получать продукцию, соответствующую нормативам. В пяти наиболее загрязненных районах Брянской области (Гордеевском, Новозыбковском, Красногорском, Клинцовском и Климовском) до 80% произведенного зерна, молока и кормов не отвечало ВДУ-86. В Калужской области (Жиздринском, Хвастовичском и Ульяновском районах) превышение нормативов отмечалось для 70% зерна, в Тульской области (Плавский район) - до 15% сельскохозяйственной продукции.

Максимальные уровни содержания ^{137}Cs в зерне отмечены в юго-западных районах Брянской области. Наибольшие уровни содержания ^{137}Cs в картофеле, отмечались в Клинцовском и Красногорском районах (около 300 Бк/кг), в Злынковском, Новозыбковском и Климовском районах уровни содержания ^{137}Cs находятся в диапазоне 100–130 Бк/кг (Табл. 3.5).

Таблица 3.5 — Концентрации ^{137}Cs в пробах зерна, картофеля и овощей, отобранных в юго-западных районах Брянской области в 1986 году

Продукция	Число хозяйств	Среднее	Станд. отклонение	Мин	Мак
Зерно	88	652	683	69	3254
Картофель	94	173	133	27	759
Овощи	56	137	70.3	37	389

Коэффициенты перехода в год выпадений, так же, как и динамика Кп в последующем, существенно зависели от исходного плодородия почв, подвергшихся загрязнению. Для оценки Кп в год радиоактивных выпадений в регионах с плодородными почвами можно использовать значение 0,33 (Бк/кг)/(кБк/м²) для всех рассматриваемых видов продукции. Для регионов с низким плодородием почв 2.6, 0.6 и 0.46 (Бк/кг)/(кБк/м²) для зерна, картофеля и овощей, соответственно (эти значения, в частности, были получены Гордеевский, Климовский, Клиновский и Красногорский районах).

Данные по динамике концентраций ¹³⁷Cs в продукции животноводства отражают различный характер поступления ¹³⁷Cs в молоко и другие виды продукции животноводства (Рис. 3.5). Максимальные концентрации ¹³⁷Cs в молоке отмечались в начале мая 1986 года, уже через несколько дней после выпадений, что объясняется достаточно коротким временем, необходимым для поступления радионуклида в молочную железу. Наибольшие концентрации Cs в мышцах животных отмечалось существенно позже, через несколько недель после выпадений.

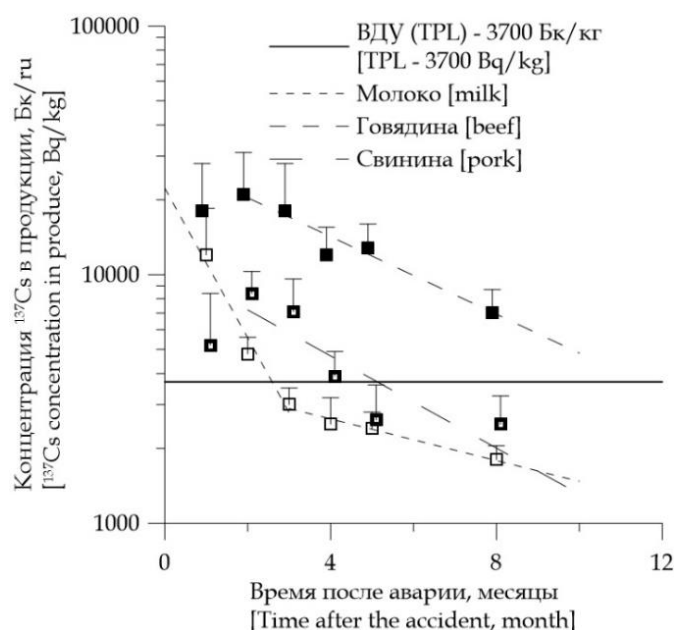


Рисунок 3.5 – Динамика содержания ¹³⁷Cs в продукции животноводства в 1986 году

Следует учитывать, что усредненные по месяцу данные, что сглаживает наблюдаемую динамику изменения концентраций ^{137}Cs в продукции животноводства. Средние периоды полуснижения концентраций ^{137}Cs в продукции животноводства, рассчитанные для периода июнь-декабрь 1986 года достаточно близки, и отражают динамику самоочищения кормовых растений, использующихся при формировании кормов для животных.

Вследствие особенностей поступления радионуклидов в продукцию животноводства аппроксимация данных за первый год после аварии отклоняется от экспоненциальной зависимости. Средние периоды полуснижения составили 116 дней ($R^2=0,71$) для говядины и 99 дней ($R^2=0,77$) для свинины. В динамике содержания радионуклидов в молоке наблюдаются два периода полуснижения: первый, равный 30 суткам ($R^2=0,97$), и второй, составляющий 210 суток ($R^2=0,97$).

Для обеспечения безопасности населения загрязненных территорий в мае 1986 года были введены временные допустимые уровни содержания радионуклидов в продукции (ВДУ). Первый норматив, установленный 5 мая 1986 года, составлял 3700 Бк/л для ^{131}I в продукции. Позднее, 30 мая 1986 года, был введен норматив 3700 Бк/кг для молока и мяса. С 1 августа 1986 года вступил в силу более строгий норматив (370 Бк/л) на временно допустимое содержание бета-излучающих радионуклидов в молоке. В соответствии с этим изменялись контрольные уровни содержания ^{137}Cs в кормах, что обеспечивало связь между критериями обеспечения безопасности продуктов питания и критериями оптимизации реабилитационных мероприятий.

В юго-западных районах Брянской области временные допустимые уровни (ВДУ) содержания радиоцезия в молоке и говядине превышались на протяжении всего 1986 года. Только в свинине содержание ^{137}Cs было ниже допустимых нормативов, начиная с октября-ноября 1986 года.

Динамика загрязнения продукции в период 1987–2025

Начиная с 1987 года и в последующие годы произошло снижение содержания ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции, что было обусловлено как сорбцией радионуклидов в почве, так и применением защитных мероприятий, а также радиоактивным распадом. В Тульской области превышение нормативов в продукции растениеводства отмечалось только в 1987 г., а в Орловской области, благодаря принятым мерам, вся производимая продукция практически полностью соответствовала нормативам.

В Калужской области превышение нормативов на содержание радионуклидов в растениеводческой продукции (в зерне и картофеле) отмечалось до 1988 г., в кормах – до 1995 г., в травостое естественных сенокосов и пастбищ – 2000 г., а в настоящее время вся продукция соответствует санитарно-гигиеническим и ветеринарным требованиям (Табл. 3.6). С 2014 г. средняя удельная активность ^{137}Cs в молоке коров из хозяйств коллективного сектора южных районов Калужской области составляла 13 Бк/л, т.е. уже не было необходимости в проведении каких-либо специальных защитных мероприятий.

Таблица 3.6 — Динамика среднего содержания ^{137}Cs и доли кормов и сельскохозяйственной продукции с превышением нормативов в Калужской области

Год	Зерно (озимая рожь)		Картофель		Сено сеяных многолетних трав		Сено есте- ственных трав		Сенаж		Силос	
	$A_{137\text{Cs}}$	%	$A_{137\text{Cs}}$	%	$A_{137\text{Cs}}$	%	$A_{137\text{Cs}}$	%	$A_{137\text{Cs}}$	%	$A_{137\text{Cs}}$	%
1987	54	1,1	7	0	873	4,1	1937	9,9	1250	100	973	42,9
1991	33	0	6	0	170	0	259	2,8	386	2,2	330	0,8
1995	24	0	8	0	75	0,7	228	8,5	150	1,5	46	0
2000	8	0	9	0	32	0	159	5	6	0	23	0
2005			7	0	33	0	53	0	22	0	5	0
2014			4	0	18	0	30	0			9	0
2018					17		41	0				

* данные ФГБУ Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Калужский»

** $A_{137\text{Cs}}$ – среднее содержание ^{137}Cs , Бк·кг⁻¹

*** % проб с превышением ветеринарных нормативов

Радиологическое обследование сельскохозяйственных угодий и продукции в Тульской области показало превышение накопления ^{137}Cs в продукции

в основном в первый год после аварии. В последующие периоды низкая подвижность радионуклидов в сельскохозяйственных цепочках определяла слабое накопление ^{137}Cs в продукции (Табл. 3.7). В 2019 году в исследованных пробах растениеводческой продукции превышения СанПиН 2.3.2.1078-01 и КУ-94 не выявлено (СанПиН 2.3.2.1078-01, 2001).

Таблица 3.7 — Динамика содержания ^{137}Cs в продукции Тульской области, Бк/кг*

Вид продукции	1986	1990	1995	2005	2014	2019
Зерно	97	17	11	5	4	1,1-4,7
Картофель	77	13	9	3	2	1,4-3,8
Овощи	120	13	10	4	2	1,4-3,8
Травы луговые	939	340	204	20	15	2,1-9,9
Травы бобовые	1398	290	172	25	22	
Кукуруза						2,3-6,9
з/масса	114	50	35	14	12	

* данные ФГБУ Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Тульский»

Радиологическая ситуация в сельскохозяйственном производстве Орловской области и, в частности, в наиболее загрязненном Болховском районе, даже в первый период после аварии была благополучной. Это обусловлено как существенно меньшими уровнями загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий, так и свойствами почв.

В Брянской области в связи с высокими уровнями загрязнения наиболее интенсивно проводились защитные мероприятия, что оказало существенное влияние на накопление радионуклидов в продукции. Так, содержание ^{137}Cs зерна и картофеля к 1990 г. снизилось в 20–30 раз, а сена – в 5–6 раз. Начиная с 1995 г. темпы снижения содержания ^{137}Cs замедлились, что в значительной мере было связано с резким уменьшением объемов проведения защитных мероприятий. Основную проблему представляло получение продукции кормопроизводства и животноводства (Рис. 3.6). В 2014 году доля кормов с превышением нормативов варьировала от 9 до 39 %, что определяло превышение нормативов по содержанию ^{137}Cs в молоке и молочной продукции в 4–12 %

проб; мясо и мясной продукции – в 5–8 % проб. В 2017–2019 гг. доля проб с превышением СанПиН 2.3.2.2650-10 в мясе и мясной продукции составила 3,6–4,8 %, а в молоке и молокопродуктах – 2,2–4,2 %.

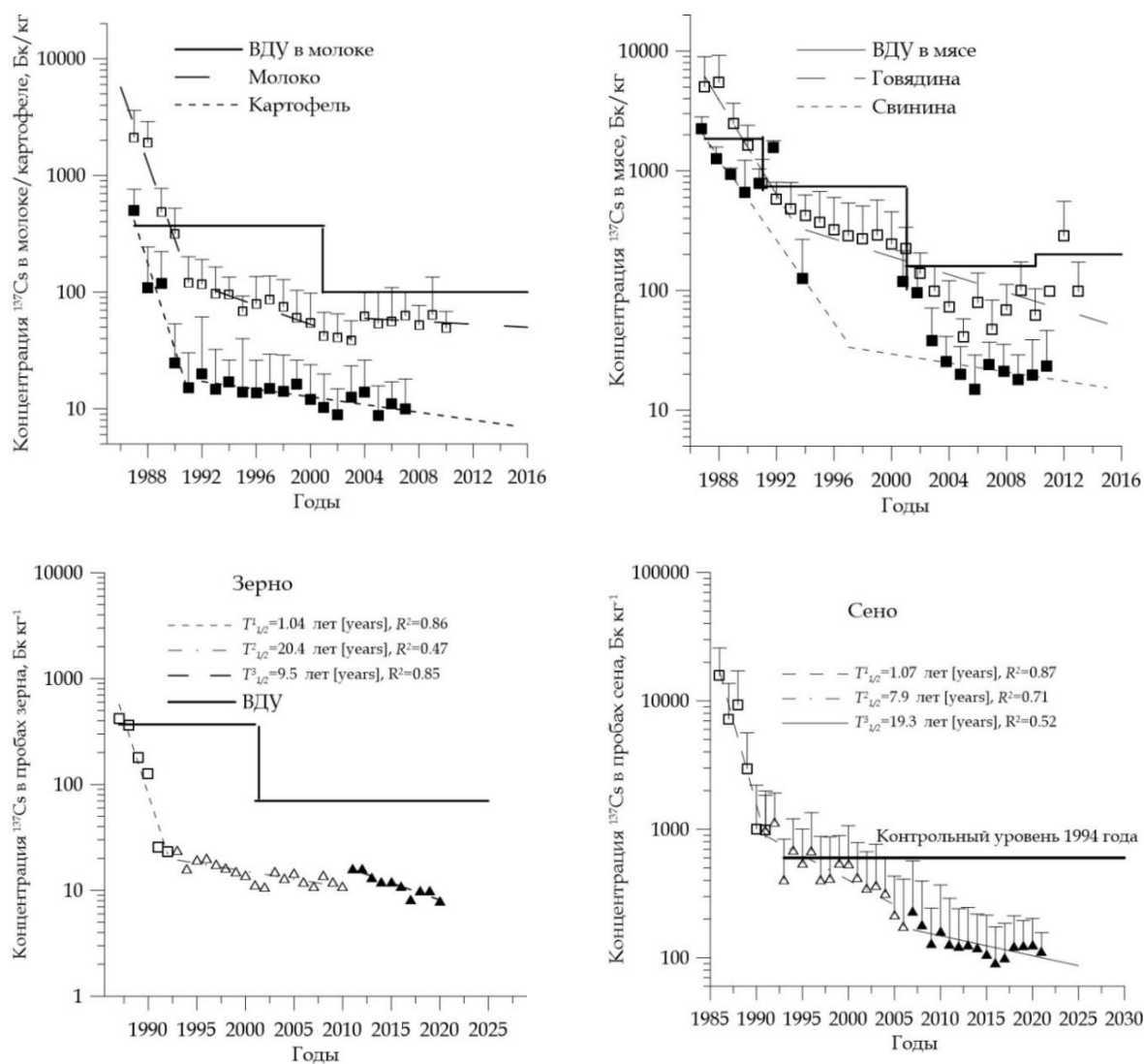


Рисунок 3.6 — Концентрация ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции, произведенной в юго-западных районах Брянской области

Для анализа динамики изменения содержания ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции определены периоды полуснижения (промежуток времени, за который содержание радионуклидов в продукции уменьшается в два раза) (Табл. 3.8). Динамика содержания ^{137}Cs в продукции после аварии на Черно-

быльской АЭС во многом зависела от особенностей проведения агротехнических и агрохимических реабилитационных мероприятий. Содержание ^{137}Cs в продукции животноводства достаточно хорошо согласуется с данными по содержанию радионуклида в кормах. Реабилитационные мероприятия на кормовых угодьях обладают пролонгированным эффектом, поэтому существенное снижение содержания ^{137}Cs в кормах отмечалось до середины 1990-х годов. Для этого периода времени характерны самые короткие периоды полуснижения содержания радионуклида в продукции - от 0,98 (сенаж) до 1,4 года (сено, силос). С начала 90-х годов возможности в проведении реабилитации сельскохозяйственных угодий резко сократились, что привело к замедлению темпов снижения поступления радионуклидов в растения.

Таблица 3.8 — Эффективные периоды полуснижения содержания ^{137}Cs в продукции животноводства в юго-западных районах Брянской области в 1987–2014 гг.

Виды продукции	$T_{1/2}^1$, лет	R^2	$T_{1/2}^2$, лет	R^2	$T_{1/2}^3$, лет	R^2
Говядина	1,64	0,95	9,8	85	–	–
Свинина	1,54	0,97	,	6	>50	2
Молоко	0,92	95	7,3	84	46,2	0,1
Сено	1,4	0,88	7,8	0,88	>100	–
Зерно	,	0,86	20,4	0,47	9,5	0,85
Картофель	0,92	0,94	8	0,49	–	–

В последующем динамика снижения содержания ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции характеризовалась разнонаправленными процессами, то есть, увеличением поступления ^{137}Cs в растения в результате снижения плодородия земель, которое частично компенсировалось естественным снижением биологической доступности радионуклидов в почвах под действием геохимических процессов и радиоактивным распадом.

Существенно отличалась динамика снижения загрязнения продукции сельского хозяйства в зонах с различными уровнями загрязнения. Темпы снижения концентрации ^{137}Cs в зоне с плотностью загрязнения менее 185 кБк/м² практически не изменились, в зоне более 185 кБк/м² несколько замедлились. В зоне с плотностью загрязнения сенокосов между 185–555 кБк/м² содержание ^{137}Cs в сене в период с 2013 по 2021 год оставалось на уровне, достигнутом к 2013 году.

Первый, начальный период преодоления последствий чернобыльской аварии в сельском хозяйстве соответствовал времени, когда мероприятия в сельском хозяйстве применялись наиболее активно. Периоды полуснижения содержания ^{137}Cs в говядине и свинине составили 1,54–1,64 года, в молоке 0,95. Продолжительность вторых периодов полуснижения (с 1993 по 2000 гг.) варьировала от 2,4 до 24 лет. Третьи периоды (начиная с 2000 года) длились от 10,5 лет до более чем 25 лет. Для юго-западных районов Брянской области средние значения периодов полуснижения 1,4; 9,8 и 17,2 года.

3.1.4 Защитные и реабилитационные мероприятия в различные периоды после аварии

Реабилитация радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных территорий являлась одним из ключевых направлений ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. Разнообразный характер выпадений, а также динамичность радиационной обстановки определили особенность поэтапной организации и проведения защитных и реабилитационных мероприятий. В соответствии с изменением радиационной обстановки выделено три этапа после аварии: первый (острый) период, промежуточный период, отдаленный (восстановительный период).

Первоочередные мероприятия в острый период после аварии

В первый (острый) период после выпадений решались неотложные задачи - эвакуация населения, ограничение хозяйственной деятельности и т.п. Из более чем 200 населённых пунктов с плотностью загрязнения более 555 кБк/м² вместе с населением был эвакуирован частный скот (около 50000 голов КРС, 13000 свиней, 3300 овец и 700 лошадей) (IAEA, 2006). В первый период вводились запретительные или ограничительные контрмеры; вывод из оборота земель с плотностью загрязнения свыше 1480 кБк/м²; специальные технологии обработки почвы и уборки урожая; перевод животных с пастбищного на стойловое содержание и др.

В первый период после аварии решение об ограничительных защитных мероприятиях принималось на основании предварительной оценки радиационной обстановки (мощность экспозиционной дозы гамма-излучения) и информации об уровнях загрязнения продукции. Для прогнозирования и оценки ситуации использовался опыт предыдущих аварийных ситуаций, в частности ликвидации аварии на Южном Урале.

Важным фактором являлось наличие в составе выпадений биологически подвижных в цепи «выпадения – почва – растения – животные – продукция» ¹³¹I и ¹³⁷Cs (вместе с ¹³⁴Cs). Одним из основных защитных мероприятий в сельском хозяйстве являлось исключение из рациона животных загрязнённого пастбищного травостоя для уменьшения концентрации ¹³¹I в молоке. Вводились ограничения (или запрет) на потребление местного молока, а в наиболее загрязнённых районах одной из мер являлось обеспечение населения (в первую очередь детей) привозным молоком из «чистых» регионов. Был введен обязательный радиационный контроль сельскохозяйственной продукции. Рекомендации включали также мероприятия по переработке молока для производства продуктов, соответствующих ВДУ (сухое и сгущенное молоко, масло, сыры и др.).

В первый период после аварии основным критерием являлось соблюдение контрольных уровней содержания радионуклидов в продукции и максимально возможное снижение доз облучения как населения, так и сельскохозяйственных работников. В первые месяцы после аварии специалистами ВНИИРАЭ были оперативно подготовлены временные рекомендации по дезактивации техники; уборке, хранению, переработке картофеля; заготовке, хранению и переработке сахарной свеклы; приемке, хранению и переработке семян подсолнечника, льна, а также табачного сырья; по убою и переработке животных и птицы и т.д. Были подготовлены рекомендации по обработке почвы, проведению полевых и уборочных работ; по системе обработки посевов, направленной на снижение пылеобразования; даны рекомендации по заготовке сена и силоса и т.д.

В «Памятке по ведению личных подсобных хозяйств в населенных пунктах, расположенных на территориях, где сельскохозяйственное производство ведется с ограничениями» (1986) были изложены рекомендации по работам на территории приусадебного участка, особенностям уборки овощей и картофеля, по содержанию животных и птицы и др.

К началу 1987 года было подготовлено «Руководство по ведению сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения части территорий РСФСР, Украинской ССР и Белорусской ССР в весенне-летний период 1987 г.», в котором определены особенности ведения животноводства и растениеводства на территориях с различными уровнями загрязнения, организация радиационного контроля, гигиены труда, а также предложена методика прогнозирования уровней загрязнения продукции. Системой Госагропрома СССР в течение 1986 года было подготовлено более 70 документов по ведению сельского хозяйства, заготовке и использованию продукции, загрязненной радиоактивными веществами.

Промежуточный период после аварии

Промежуточный период после аварии включал: реализацию зонального принципа ведения АПК по плотности загрязнения ^{137}Cs : 37-185, 185-555, 555-1480 и более 1480 кБк/м² (Ки/км²); агротехнические и агрохимические технологические приемы по снижению накопления ^{137}Cs в продукции растениеводства; технологические приемы улучшения кормовых угодий; ветеринарные и зоотехнические меры и др.

Во второй период после аварии проведение радиационного мониторинга позволяло получить более детальную информацию о радиационной обстановке (радионуклидный состав выпадений, плотности загрязнения территории долгоживущими радионуклидами и т.п.) и об уровнях загрязнения сельскохозяйственной продукции. Для разработки защитных мероприятий в этот период использовалась не только радиологическая информация, но и данные о характеристике почвенного покрова, структуре землепользования, технологиях возделывания культур, показателях производственной деятельности и т.п. Защитные мероприятия проводились дифференцированно для территорий с различной радиационной обстановкой.

Одним из ключевых направлений являлось восстановление сельскохозяйственного производства, включая систему организационных, агротехнических, агрохимических и мелиоративных мероприятий (Bogdevitch et al., 2002). Основным критерием при обосновании необходимости реабилитации сельскохозяйственных угодий является непревышение санитарно-гигиенических и ветеринарных нормативов в производимой продукции и (или) непревышение дозовых нагрузок на сельское население и сельскохозяйственных работников (Оценка ..., 2010).

Отдаленный период после аварии

Отдаленный период после аварии ориентирован на адресное применение реабилитационных мероприятий для отдельного сельскохозяйственного

предприятия (или группы предприятий) с учетом их радиологической и экономической эффективности. В третий период после аварии основным источником поступления радионуклидов в сельскохозяйственные цепочки миграции является почва. В этот период важным фактором при обосновании мероприятий является учет влияния почвенно-климатических и геохимических особенностей загрязненных территорий, которые обуславливают различия в миграции радионуклидов. Продолжительность этого периода может составить десятки и сотни лет. В рамках этого периода целесообразно выделить два этапа: первый этап охватывает 5-10 лет после загрязнения; второй этап связан с долговременными последствиями после аварии (Табл. 3.9).

Таблица 3.9 — Периодизация защитных мероприятий в отдаленный период после аварии

Отдаленный период	Информация для принятия решений о проведении защитных мероприятий	Защитные мероприятия
1-ый этап первые 5-10 лет после аварии	Данные картирования загрязнения с.-х. угодий; структура землепользования и почвенных характеристик; технологии возделывания культур; параметры миграции радионуклидов по критическим цепочкам.	Зонирование территории по плотности загрязнения, масштабное применение агрохимических (известкование, повышенные дозы Р-К) и агротехнических мероприятий: перезалужение сенокосов и пастбищ; изменение структуры землепользования; перепрофилирование с.-х. производства.
2-ой этап долговременные последствия радиоактивного загрязнения	Детальные карты загрязнения с.-х. угодий до уровня отдельного поля; почвенные карты хозяйств; структура землепользования на уровне хозяйства; динамика поведения радионуклидов; действие защитных мероприятий.	Оптимизация защитных мероприятий на уровне хозяйства. Возвращение отчужденных земель.

Выделяют несколько групп приемов, которые используются при реабилитации сельскохозяйственных угодий: организационные, агротехнические,

агрохимические, а также зооветеринарные в животноводстве (Рекомендации ..., 1991; Сельскохозяйственная ..., 1992; Bogdevitch et al., 2002).

Организационные мероприятия: инвентаризация угодий по плотности загрязнения радионуклидами и составление карт; прогноз содержания радионуклидов в продукции растениеводства, кормопроизводства и животноводства; изменение структуры посевных площадей и севооборотов; переспециализация отраслей животноводства; исключение угодий из хозяйственного пользования; организация радиационного контроля продукции; оценка эффективности защитных мероприятий.

Агротехнические мероприятия: коренное и поверхностное улучшение сенокосов и пастбищ; гидромелиорация (осушение и оптимизация водного режима) (Табл. 3.10).

Агрохимические мероприятия: известкование кислых почв; внесение органических удобрений; внесение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений; оптимизация азотного питания растений; внесение микроудобрений; снижение пестицидной нагрузки (Табл. 3.10).

Зооветеринарные мероприятия: специальная система кормления животных; применение сорбирующих препаратов; контроль за иммунологическим и гормональным статусом, состоянием обмена веществ, воспроизводительной функцией, проявлением и течением острых и хронических болезней сельскохозяйственных животных.

Растениеводство является одной из основных отраслей в структуре сельского хозяйства загрязненных областей России. В зону загрязнения попали территории с различными почвенно-климатическими условиями и разными зональными технологиями возделывания сельскохозяйственных культур, что поставило задачу оптимизации применения защитных мероприятий с учетом особенностей ведения земледелия (Рекомендации..., 1991). Рекомендо-

ванные агротехнические и агрохимические приемы (Рис. 3.7), с одной стороны, обеспечивали повышение показателей почвенного плодородия и, как следствие, увеличение урожайности.

Таблица 3.10 — Эффективность агротехнических и агрохимических защитных приемов по снижению накопления ^{137}Cs в продукции растениеводства

Технологический прием	Эффективность – кратность снижения накопления радионуклидов в растениях, раз
Вспашка стандартная	1,5-3,0 (при первом применении после поверхностного загрязнения)
Вспашка с оборотом пласта	до 5-10 (при первом применении после поверхностного загрязнения)
Известкование (в дозе 1,5-2,0 Н _г)	1,5-4,0
Внесение повышенных доз фосфорных удобрений	Снижение накопления для ^{137}Cs в 1,0-1,5 раза, для ^{90}Sr в 1,2-3,5 раза
Внесение повышенных доз калийных удобрений	Снижение накопления для ^{137}Cs в 1,5-3,5 раза; для ^{90}Sr – в 1,2-1,5 раза
Внесение органических удобрений	1,2-2,5
Оптимизация доз и видов применения азотных удобрений	Превышение оптимальных доз ведет к росту накопления радионуклидов в растениях в 1,2-2,5 раза. Оптимальное соотношение NPK 1;1,5;2
Применение природных сорбентов (цеолиты, глины и др.)	на легких почвах - снижение накопления ^{137}Cs в растениях в 1,5-3,0 раза; на других почвах - эффект не наблюдается
Применение новых агромелиорантов (Борофоска, Супродит, Супродит М)	Эффект нестабилен – наблюдается отсутствие эффекта или снижение накопления радионуклидов в 1,2-3,0 раза. На легких почвах - снижение накопления ^{137}Cs в растениях в 1,5-6,8 раза;
Комплексное применение мелиорантов	до 5,0 раз
Подбор видов и сортов культур с минимальными уровнями накопления	Снижение накопления в зависимости от вида до 30, от сорта до 7 раз

Однако, с другой стороны, они приводили к перераспределению радионуклидов в почвенном профиле, повышению сорбционной способности почв и, как следствие, снижению перехода радионуклидов в продукцию растениеводства.



Рисунок 3.7 — Реабилитация загрязненных сельскохозяйственных земель

Кормопроизводство. В условиях радиоактивного загрязнения организация кормовой базы является наиболее важным звеном в производстве продукции животноводства (Рекомендации..., 2007). Существует две группы агротехнических приемов, традиционно проводимых на кормовых угодьях - поверхностное и коренное улучшение сенокосов и пастбищ. Проведение традиционных мероприятий по повышению продуктивности травостоев является эффективным также с точки зрения снижения накопления радионуклидов в травостое. Максимальная эффективность мелиорантов наблюдалась на кислых почвах легкого механического состава с низким уровнем плодородия. На пойменных заливных, низинных и болотных лугах применение агротехнических приемов более эффективно, чем на суходолах. Коренное улучшение лугов, включающее вспашку, известкование и внесение $N:P:K=1:1,5:2$, более эффективно с точки зрения снижения поступления ^{137}Cs в травостой, чем поверхностное (Табл. 3.11).

Животноводство. Ограничительные мероприятия - запреты на содержание молочного скота, использование неулучшенных пастбищ или сенокосов, на

пастбищное содержание молочного скота. Эти меры были внедрены и показали наиболее высокую эффективность в первый период после аварии. К организационным мероприятиям относятся также инвентаризация кормовых угодий по плотности загрязнения, изменение структуры посевных площадей и кормовых севооборотов и т.п.

Таблица 3.11 — Эффективность технологических приемов улучшения кормовых угодий

Технологический прием	Кратность снижение перехода ^{137}Cs , ^{90}Sr в травостой
Стандартная вспашка (при первом применении после поверхностного загрязнения)	
Вспашка с оборотом пласта (при первом применении после поверхностного загрязнения)	
Дискование и фрезерование	
Коренное улучшение	
Поверхностное улучшение	
Комплексное окультуривание (известкование, внесение удобрений и т.п.)	
Осушение + поверхностное улучшение	
Осушение + коренное улучшение	
Внесение глинистых минералов на поверхность почвы в первый период после радиоактивных выпадений	
Применение нетрадиционных мелиорантов (цеолит, палыгорскит, вермикулит и т.п.)	
Подбор травосмесей	до 5 раз

Ветеринарные контрмеры включают применение двух основных групп веществ, обеспечивающих производство нормативно “чистых” продуктов животноводства (молоко, мясо). К первой группе относятся специфические це-

зий- связывающие препараты: ферроцин, бифеж, ферроцинсодержащие болюсы и брикеты соли-лизунца (Алексахин и др., 1999). Вторая группа - природные сорбенты: цеолиты, вермикулит, различные глины, трепелы и опоки.

Зоотехнические мероприятия включают рациональное использование лугов и пастбищ, организацию кормления по типу «зеленого конвейера», замена пастбищного содержания коров стойлово-выгульным, соблюдение норм нагрузки животных на пастбище, подбор кормов в рационах и т.п. Кормление по типу «зеленого конвейера», переход на стойлово-выгульное содержание обеспечивают снижение перехода ^{137}Cs в молоко до 2 раз, подбор рациона – до 3-х раз (Сироткин и др., 2000). При кормлении животных “чистыми” кормами на заключительной стадии откорма необходимо применять обязательный прижизненный контроль, чтобы избежать забоя животных (Табл. 3.12).

Таблица 3.12 — Снижения содержания ^{137}Cs в продукции животноводства при применении различных технологических приемов и защитных мероприятий

Тип контрмер	Вид животных	Вид продукции	Кратность снижения, число раз
Ограничительные			
Ограничительные	КРС	Молоко	8,3-8,5
Организационные	КРС	Молоко	4,0-4,1
	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	32,6-41,8

Для обоснования содержания животных на «чистых» кормах и предотвращения их забоя с 1986 по 2000 год было проведено более 447 тысяч прижизненных измерений содержания ^{137}Cs , что позволило избежать существенных потерь при производстве мяса на загрязнённых территориях. Объемы применения технологии откорма животных «чистыми» кормами постоянно увеличивались в 1986-1992 гг. и составили от 55 до 75 тыс. голов крупного рогатого скота. В 2000-2008 гг. количество головообработок снизилось и составило от 5 до 20 тыс. голов.

В отдаленный период после аварии наиболее эффективны по радиологическому и социально-экономическому факторам реабилитационные технологии с долгосрочным действием: коренное улучшение сенокосов и пастбищ для скота и известкование почв. Среди контрмер с краткосрочным действием (до одного года) эффективными остаются применение ферроцинсодержащих препаратов для крупного рогатого скота.

В различные периоды после аварии на Чернобыльской АЭС были разработаны нормативные и нормативно-методические документы с учетом динамики радиационной обстановки и изменения задач по ликвидации последствий аварии в АПК. В период 1986-1991 гг. были переданы руководящим структурам, а также специалистам на местах более 200 различных технических документов нормативного и методического характера (Сборник ..., 2006). Как отмечалось во многих экспертных международных материалах, проведенные в соответствии с рекомендациями мероприятия, позволили уже в первые годы после аварии в 2-3 раза снизить дозовую нагрузку на население пострадавших территорий.

Масштабы применения защитных и реабилитационных мероприятий

В период 1986 по 1988 гг. мероприятия в агропромышленном производстве проводились в постоянно увеличивающихся масштабах, а с 1988 по 1992

гг. они осуществлялись в оптимальных размерах. Именно это позволило обеспечить существенное снижение объемов производства продукции с уровнями загрязнения выше ВДУ: 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%.

В общей системе контрмер особое значение имело использование агрохимических мероприятий на пахотных угодьях, а также агротехнических и агро-мелиоративных технологий на кормовых угодьях (поверхностное и коренное улучшение сенокосов и пастбищ), которые обеспечивали уменьшение подвижности радионуклидов в системе почва-корма (Рис. 3.8).

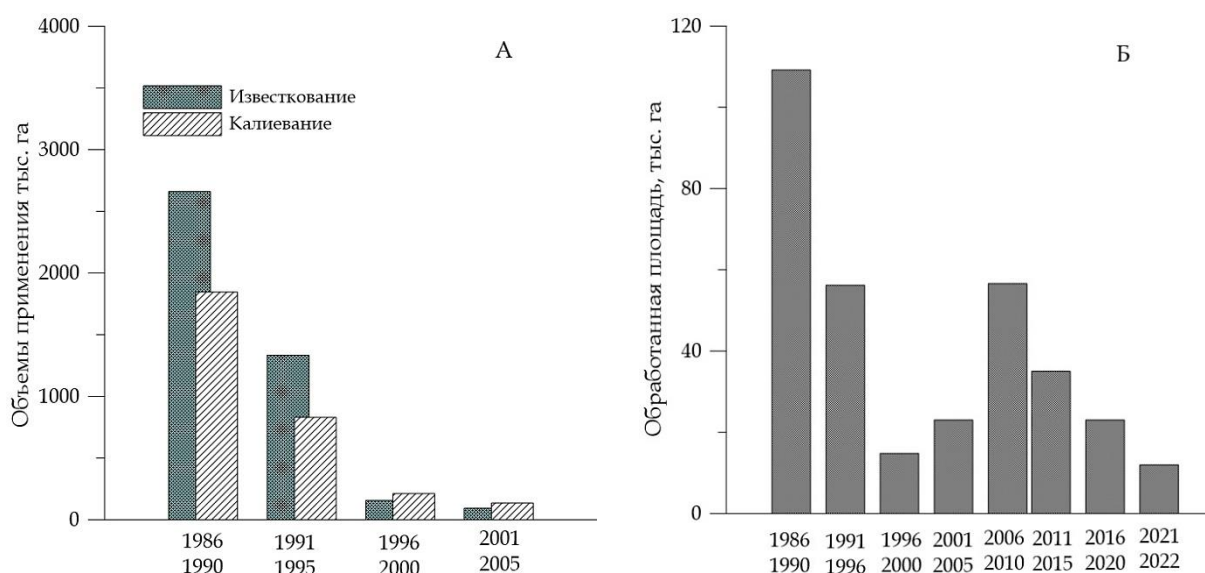


Рисунок 3.8 Динамика проведения реабилитационных мероприятий в районах Брянской области, подвергшихся загрязнению

Начиная с 1993 г. объемы применения средств химизации и агро-мелиоративных мероприятий снижаются. Ухудшение экономического состояния хозяйств не позволяет выполнить необходимые защитные мероприятия. В последние годы внесение минеральных удобрений (в основном калийных), извести и фосфоритной муки как защитных мероприятий проводилось практически только в юго-западных наиболее загрязненных районах Брянской области и финансировалось из различных источников. В рамках ФЦП «Сохранение и восста-

новление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006-2010 годы» на период до 2013 года (распоряжение Правительства РФ от 01.10.2005 № 1564-р, (ред. от 23.03.2006) были проведены работы по реабилитации радиоактивно загрязненных территорий. Основные объемы были выполнены в 2006-2010 гг. и включали культуртехнические работы, а также применения агромелиорантов. В рамках ФЦП «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2015 года» в 2010-2015 гг. в Брянской области проведены реабилитационные работы на площади 23,1 тыс. га.

В рамках выполнения ФЦП «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2015 года» были проведены работы по применению ферроцинсодержащих препаратов для коров, с целью получения продукции животноводства (молока и мяса), соответствующей радиологическим нормативам. В течение пяти лет, в 4-х юго-западных районах Брянской области, ежегодно для 4-4,5 тыс. голов крупного рогатого скота были применены ферроцинсодержащие препараты с комбикормом. Анализ динамики концентрации ^{137}Cs в молоке коров после применения ферроцина с комбикормами свидетельствует о высокой эффективности сорбента. Кратность снижения концентрации ^{137}Cs в молоке на 15...30-е сутки составила по хозяйствам 2,3-5,2 раза, а в мясе 3,0-4,8 раза (Табл. 3.13).

Таблица 3.13 — Кратность снижения ^{137}Cs в продукции животноводства за счет применения ферроцинсодержащих, раз

Год	Молоко		Мясо	
	На 15 сутки	На 30 сутки	На 30 сутки	На 60 сутки
2012	1,8	6,2	2,9	6,3
2013	2,2	4,0	3,5	5,1
2014	3,0	5,5	2,6	3,1
Среднее	2,3	5,2	3,0	4,8

На снижение концентрации ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции после аварии значительно влияют как естественные биохимические процессы,

так и защитные мероприятия. В районах с интенсивным применением сельскохозяйственных контрмер снижение концентрации ^{137}Cs в продукции произошло значительно быстрее, чем в районах с ограниченным применением защитных мероприятий.

Переработка продукции. Были разработаны и успешно внедрены в пищевой промышленности технологии переработки сельскохозяйственной продукции, обеспечивающие снижение содержания радионуклидов в конечном пищевом продукте. Так, комплекс методов переработки молока обеспечивал снижение содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs в конечном продукте питания (масло, сыры, сухое и сгущенное молоко) до 7-10 раз. Было показано, что использование стандартных методов переработки сырья позволяет производить ряд продуктов (крахмал, растительное масло, спирт и др.), соответствующих санитарно-гигиеническим требованиям (Сборник ..., 2006). Следует особо подчеркнуть высокую эффективность переработки сельскохозяйственной продукции в острой фазе после аварии.

Эффективность защитных и реабилитационных мероприятий

Применение защитных и реабилитационных мер в сельском хозяйстве преследовало три основные цели: гарантировать производство пищевых продуктов, соответствующих санитарно-гигиеническим нормативам; обеспечить скорейшее снижение доз облучения населения ниже 1 мЗв; свести к минимуму коллективные дозы для населения на основе принципа АЛАРА.

В 1986-1992 годах был достигнут максимальный эффект от применения защитных мероприятий в сельском хозяйстве. С 1987 по 1994 год вклад контрмер в снижение загрязнения продукции в регионе с их интенсивным применением составил 60%. В регионах с ограниченным применением контрмер преобладающий вклад в уменьшение загрязнения продукции ^{137}Cs (до 70%) вносили естественные биогеохимические процессы. Начиная с 1993 г. объемы применения мероприятий снижаются. Ухудшение экономического состояния

хозяйств не позволяет выполнить необходимые защитные мероприятия. С 2000-х года внесение минеральных удобрений (в основном калийных), извести и фосфоритной муки как защитных мероприятий проводилось практически только в юго-западных районах Брянской области.

Снижение доз облучения населения

Применение защитных и реабилитационных мероприятий в сельском хозяйстве после аварии на ЧАЭС привело к значительному снижению как индивидуальных, так и коллективных доз облучения местного населения. В 1991-1999 годах применение контрмер позволило снизить годовые эффективные дозы сельского населения, проживающего в зоне 185-370 кБк м⁻² в среднем на 22%, в зоне 370-555 кБк м⁻² на 32%, а в населённых пунктах с плотностью радиоактивного загрязнения выше 555 кБк м⁻² снижение годовых доз облучения населения составило более 40% (Jacob et al., 2001). Основными факторами, способствовавшими снижению дозы, были контрмеры в животноводстве, поскольку молоко вносило наибольший вклад во внутреннее облучение населения.

Вопросы планирования реабилитационных мероприятий, в частности, определение приоритетов в реализации контрмер стали очень важными после аварии на ЧАЭС, поскольку решение задач оптимизации реабилитационных стратегий потребовало учета широкого спектра факторов. С течением времени радиологическая эффективность различных технологических приёмов снижается, а стоимость возрастает, что выдвигает на первый план вопрос оптимизации применения защитных и реабилитационных мероприятий. Были предложены новые подходы, а именно адресное применение реабилитационных мероприятий, которое предусматривает систему мер для отдельного сельскохозяйственного предприятия (или группы предприятий с близкими исходными характеристиками) или населенного пункта с учетом их радиологической и экономической эффективности.

Применение систем поддержки принятия решений (СППР)

Для обоснования стратегий реабилитации загрязненных территорий разработаны и внедрены компьютерные системы поддержки принятия решений по реабилитации радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных территорий. Для органов управления и специалистов они являются важным элементом, обеспечивающим информационную поддержку в области оптимизации применения защитных мероприятий после аварии на ЧАЭС (Рис. 3.9).

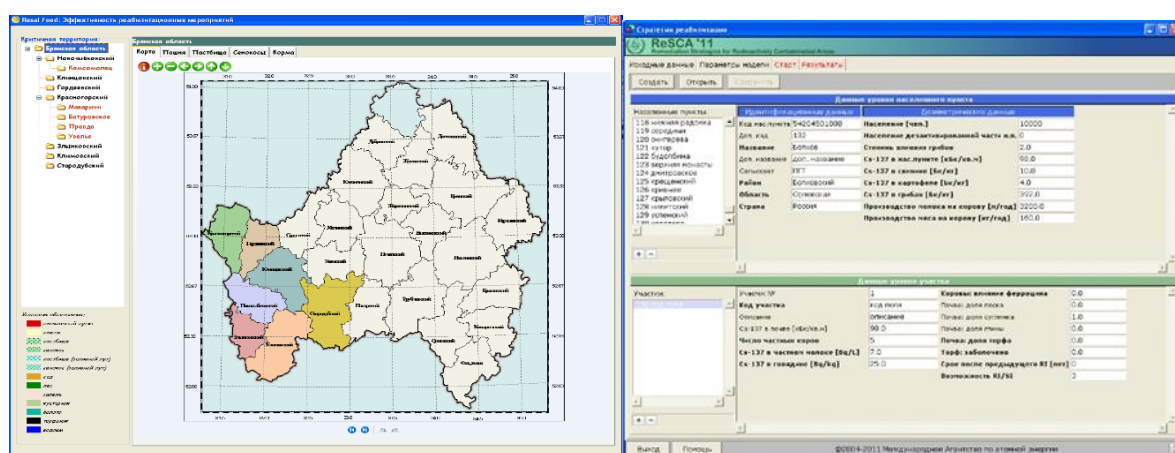


Рисунок 3.9 — Компьютерная система поддержки принятия решений

Несмотря на значительное улучшение радиационной обстановки, сохраняются площади сельскохозяйственных земель, на которых производится сельскохозяйственная продукция с превышением санитарно-гигиенических и ветеринарных требований. Доля такой продукции не превышает 10% и регистрируется в наиболее загрязненных районах Брянской области. Однако, такие районы не могут считаться полностью реабилитированными, и требуется обоснование долгосрочной стратегии проведения необходимых сельскохозяйственных мероприятий с целью обеспечения ведения производства без ограничений по радиологическим критериям. Несколько тысяч человек все ещё проживают в населённых пунктах с годовой эффективной дозой выше 1 мЗв, где должны быть предприняты меры по защите населения. Применение реабилитационных мер в ограниченных масштабах будет оставаться необходимым,

по крайней мере, в течение нескольких десятилетий (до 2045-2050 годов). После 2050 года дозы излучения, превышающие 1 мЗв, могут иметь место только на территориях, выведенных из землепользования.

Опыт, накопленный после аварии на ЧАЭС, подтвердил, что при реабилитации необходимо учитывать не только радиологические и экономические факторы, но и восприятие применяемых мероприятий населением, администрацией городских и поселковых советов, неправительственными организациями и т.п. Применение защитных мероприятий в сельском хозяйстве является ключевым фактором в сохранении социальной и психологической устойчивости населения пострадавших регионов и снижении уровня стресса людей, проживающих в загрязненных радионуклидами от аварии районах.

3.1.5 Последствия аварии на Чернобыльской АЭС для лесных экосистем

Лесные экосистемы представляют собой один из ключевых биогеоценозов, выполняющих средообразующие функции в биосфере. Они обеспечивают водорегулирование, водоохранную и почвозащитную функции, а также многие другие, определяющие развитие и существование иных биогеоценозов, включая сельскохозяйственные. Полезащитные полосы и лесные участки, расположенные среди полей, предотвращают ветровую и водную эрозию почв, защищают посевы от черных бурь и суховеев, способствуют снегозадержанию и накоплению влаги. Это, в свою очередь, обеспечивает сохранность полей и стабильность урожаев. Помимо этого, леса играют планетарную роль, поддерживая устойчивое функционирование биосферы и регулируя углеродный баланс (Национальная ..., 2001; Смирнов, 1977; Кищенко, 2025; Чемякина, 1978; Мелехов, 1980).

В то же время лесные экосистемы относятся к наиболее радиочувствительным компонентам биогеоценотической оболочки Земли. Их радиационное поражение наступает при поглощенных дозах, которые ниже минимальных

доз, вызывающих лучевые повреждения в других типах естественных и искусственных экосистем (Sparrow et al., 1968; Platt, 1965; Алексахин, 1979; Карabanь и др., 1977; Криволуцкий и др., 1988; Alexakhin et al., 1994; Tikhomirov, Shcheglov, 1994; Fesenko et al., 2022; Fesenko, 2019).

Лесные экосистемы стали одними из основных полуприродных объектов, загрязненных в результате выпадений после аварии на Чернобыльской АЭС (IAEA, 2006). Являясь источником экономических, пищевых и рекреационных ресурсов, леса в то же время служат важным фактором облучения населения: потребление древесины в промышленности и (во многих районах) для отопления, а также сбор грибов, ягод и охота на диких животных формируют существенную часть доз внутреннего облучения на радиоактивно загрязненных территориях (IAEA, 2006).

С радиологической точки зрения особое значение приобрело долговременное загрязнение лесной среды и продукции леса ^{137}Cs ввиду его 30-летнего периода полураспада и медленного самоочищения экосистем. В первые годы после аварии значимую роль также играл более короткоживущий ^{134}Cs . Другие радионуклиды (^{90}Sr , изотопы плутония) в зоне аварии на ЧАЭС имеют ограниченное значение для облучения человека, за исключением относительно небольших территорий в зоне отчуждения ЧАЭС и ближней зоне вокруг нее.

Последствия аварии на Чернобыльской АЭС для лесных экосистем и связанных с ними доз облучения человека традиционно оцениваются на основе мониторинговых данных. После аварии стало очевидно, что естественное самоочищение лесов протекает крайне медленно: ежегодное снижение содержания радионуклидов в лесных экосистемах составляло менее 1% (Tikhomirov, Shcheglov, 1994; Козубов и др., 2002). Следовательно, без искусственного вмешательства продолжительность воздействия чернобыльских выпадений на леса будет в основном определяться скоростью физического распада. Несмотря на незначительные естественные потери, рециклинг радиоцезия в лесах представляет собой динамический процесс непрерывного переноса

между биотическими и абиотическими компонентами экосистемы.

После аварии на ЧАЭС значительное радиоактивное загрязнение лесов произошло в Беларуси, Российской Федерации и Украине, а также в странах дальнего зарубежья, в частности в Финляндии, Швеции и Австрии. Степень загрязнения лесов цезием-137 в этих странах варьировалась от >10 МБк/м² в Беларуси, России и Украине до 10–50 кБк/м² в странах Западной Европы (IAEA, 2006).

Эффекты серьезного поражения лесных экосистем отмечены только в пределах 30-километровой зоны ЧАЭС, отчужденной в первый период после аварии. В радиусе 7 км от реактора это привело к крайне высоким уровням загрязнения хвойных древесных растений (Криволуцкий и др., 1988; Alexakhin et al., 1994; Tikhomirov, Shcheglov, 1994). Они получили летальные дозы облучения от сложной смеси короткоживущих и долгоживущих радионуклидов, выброшенных в ходе аварии. Острое радиационное воздействие на объекты флоры и фауны произошло, главным образом, в первый год после аварии (Fesenko et al., 2022). На некоторых участках ближней зоны ЧАЭС, где дозы за первый месяц могли достигать десятков Гр для гамма- и сотен Гр для бета-облучения, наблюдалась гибель объектов живой природы. Произошло резкое обеднение видового состава сообществ и существенное снижение численности некоторых популяций на участках вблизи аварийного блока (Fesenko et al., 2022). Это в первую очередь относилось к наиболее распространенным представителям животного мира — мышевидным грызунам и почвенной фауне. Через два года после аварии численность популяций грызунов и почвенной фауны восстановилась, но нарушения видового состава сообществ прослеживались еще несколько лет. Вместе с тем признаки радиационного повреждения (цитогенетические нарушения) у животных наблюдались на больших территориях (IAEA, 2006). При анализе радиоэкологических последствий следует учитывать, что при переходе от молекулярного и клеточного уровня оценки воздействия радиации к популяционному и биогеоценологическому, усиливается

роль механизмов восстановления. И на организменном, и на экосистемном уровнях рассмотрения радиационные эффекты наблюдались лишь в ближней зоне аварии при больших мощностях и кумулятивных дозах. Наиболее высокие уровни облучения—свыше 100 Гр—имели место на лесном участке соснового древостоя, расположенном в 2 км к западу от ЧАЭС. Хвойный лес — одна из наиболее чувствительных природных экологических систем. Это обстоятельство в сочетании с высокими дозами привело к полной гибели леса на этом участке площадью около 4 км² («Рыжий лес»). На других участках 30-км зоны, на расстояниях 3–10 км от 4-го блока, наблюдались следующие зоны (Козубов и др., 2002):

- сильного (сублетального) поражения (до 100 Гр), с частичной гибелью хвойных деревьев, повреждением хвои и почек, морфологическими изменениями лиственных пород на площади около 40 км²;
- среднего поражения хвойных лесов (до 50 Гр), характеризующегося подавлением процессов роста, частичным опадом хвои, подавлением репродуктивной способности, генетическими нарушениями на площади 120 км²;
- слабого воздействия (до 10 Гр) с отдельными аномалиями в ростовых и репродуктивных процессах, морфологическими нарушениями.

Лиственные леса оказались значительно более устойчивыми к радиационному воздействию по сравнению с хвойными. Радиационные повреждения лиственных пород деревьев проявились лишь в непосредственной близости от реактора и при дозах, на порядок превышающих летальные для хвойных. Если полная гибель сосны фиксировалась при поглощенных дозах 80–100 Гр, то видимые морфологические нарушения у березы, осины и ольхи начинали проявляться только при дозах, превышающих этот порог, что подтверждает их высокую радиоустойчивость (IAEA, 2006).

Массового поражения лесов не произошло. За исключением участка

«Рыжего леса» (площадью около 4 км²), лесные экосистемы вблизи ЧАЭС сохранили свою жизнеспособность. Уже через год после аварии в поврежденных лесах начались активные восстановительные процессы. Важно отметить, что у выживших деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) были зафиксированы адаптивные реакции на клеточном уровне: например, повышение уровня метилирования ДНК (до 30% выше фона), что позволяет растениям стабилизировать геном в условиях хронического стресса (Козубов и др., 2002). Тем не менее, по совокупности последствий для лесных экосистем чернобыльская авария оказалась в целом менее значительна в сравнении с регулярным негативным воздействием лесных пожаров и массовых вспышек насекомых-вредителей.

В первые недели и месяцы после аварии загрязнение древесных растений быстро снижалось вследствие смыва дождевой водой и опада листвы и хвои (Рис. 3.10).

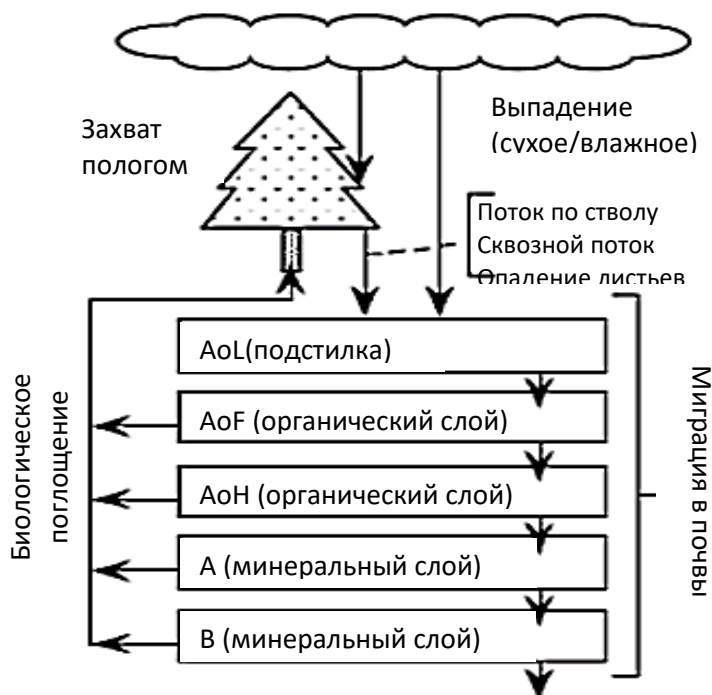


Рисунок 3.10 — Компартменты и потоки радионуклидов в загрязненных лесных экосистемах (IAEA, 2006)

Также происходило поглощение радиоцезия поверхностью листьев, хотя прямое количественное измерение этого процесса было затруднено из-за сложности отделения абсорбированной фракции от поверхностной. К концу лета 1986 г. в древесных пологах оставалось около 15% первоначального содержания радиоцезия, а к лету 1987 г. эта величина уменьшилась примерно до 5% (Tikhomirov, Shcheglov, 1994). Таким образом, в течение примерно года основная масса радиоцезия переместилась из древесного полога в подстилающую почву.

Эксперименты с разложением листового опада в зоне отчуждения показали, что в чистой зоне за год разлагается 70–90% листовой массы, тогда как на наиболее загрязненных участках («горячих» точках) масса опада сократилась лишь на 40% (сохранилось 60% исходного веса). Это свидетельствует об угнетении микробной и грибной биоты ионизирующим излучением. Как следствие, в зоне отчуждения наблюдается аномальное накопление лесной подстилки: ее слой в 2–3 раза толще, чем на незагрязненных территориях. Это не только замедляет круговорот питательных веществ, но и создает повышенные риски возникновения катастрофических пожаров, способных вторично перераспределить радионуклиды на большие расстояния. Таким образом, несмотря на внешнюю жизнеспособность лесов, функциональная целостность экосистемы в наиболее загрязненных зонах остается нарушенной.

В течение лета 1986 г. загрязнение радиоцезием лесных продуктов (грибов, ягод) возросло, что привело к увеличению содержания радионуклидов в организме лесных животных — кабанов, оленей и лосей. Удельная активность ^{137}Cs в некоторых случаях превышала 100 кБк/кг (IAEA, 2006; 10 лет..., 1996).

Леса на территории Российской Федерации, оказавшиеся в зоне выпадений в начальный период после аварии, загрязнялись преимущественно за счет сухих выпадений. В то же время в некоторых районах Брянской области фиксировались и влажные выпадения, что обусловило пятнистый характер загрязнения. Древесные растения, особенно на опушках, являются эффективными

фильтрами для атмосферных загрязнений всех видов. Основным механизмом загрязнения деревьев после чернобыльской аварии был прямой перехват радиоцезия древесным пологом, который аккумулировал от 60 до 90% первоначальных выпадений (20 лет..., 2006; 25 лет..., 2011; 30 лет..., 2016). Радиоактивное загрязнение 1,2 млн га лесных массивов России, произошедшее в результате аварии, нарушило сложившийся режим ведения лесного хозяйства в отдельных районах, создало ряд ограничений при проведении лесохозяйственных работ и реализации многоцелевого использования лесов, изменило их социально-экономическое значение.

На территории радиоактивного загрязнения в Российской Федерации в пределах Чернобыльской зоны отчуждения радиационные повреждения лесных массивов и объектов не зафиксированы (10 лет..., 1996; 20 лет..., 2006; 25 лет..., 2011). В послеаварийный период на территории зоны отчуждения и частично зоны отселения наблюдалось увеличение видового разнообразия и численности популяций высших животных и птиц, что можно объяснить снижением антропогенной нагрузки. Так, к весне 1988 года численность кабана и других видов заметно возросла по сравнению с 1986 годом. Этот рост, в свою очередь, способствовал увеличению численности хищников, а также росту популяций других диких животных (10 лет..., 1996).

Для диких животных, обитающих на загрязнённых территориях Российской Федерации, угнетающего воздействия ионизирующего излучения на популяции природных организмов также не выявлено. Тем не менее, уровни загрязнения лесных экосистем оказались значимыми с точки зрения их долгосрочного хозяйственного использования в наиболее загрязнённых районах (Табл. 3.14).

По данным повторных обследований лесов, проведенных специалистами ФГУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ВНИИЛМ) и ФГУ «Рослесозащита» в 2007-2010 гг., площадь лесов лесного фонда, загрязненных ^{137}Cs в результате

Таблица 3.14 — Площади земель лесного фонда, находящегося в ведении МПР России, загрязненных ^{137}Cs после аварии на ЧАЭС, и прогноз ее изменения до 2046 года (Марадудин и др., 2004)

Субъекты РФ	Загрязнено лесного фонда, тыс. га, по плотности загрязнения почвы ^{137}Cs											
	37–185 кБк/м ²			185–555 кБк/м ²			555–1480 кБк/м ²			>1480 кБк/м ²		
	1997	2016	2046	1997	2016	2046	1997	2016	2046	1997	2016	2046
Брянская	103,1	89,24	91,25	39,7	36,1	26,1	26,0	18,1	1,5	2,2	1,8	0,52
Калужская	132,6	112,59	110,10	43,80	31,11	1,4	1,40	0,95				
Тульская	66,00	52,92	44,40	11,40	8,01	0,10	0,10	0,07				
Орловская	95,60	72,15	49,3	1,5	1,1							
Рязанская	70,20	52,68	35,20	0,10	0,07							
Пензенская	148,40	111,30	74,20									
Ленинградская	85,70	64,28	42,85									
Ульяновская	69,40	52,05	34,70									
Воронежская	25,30	18,98	12,65									
Курская	21,30	15,98	10,65									
Белгородская	15,40	11,55	7,70									
Липецкая	15,40	11,55	7,70									
Смоленская	5,00	3,75	2,50									
Тамбовская	1,70	1,28	0,85									
Респуб. Мордовия	1,30	0,98	0,65									
Всего	856,40	671,25	524,70	96,50	76,35	27,64	27,50	19,14	1,54	2,20	1,76	0,52

аварии на ЧАЭС, по состоянию на 1 января 2010 г. составила 1208,2 тыс. га (увеличение площади загрязнения связано с передачей в ведение Рослесхоза лесов сельскохозяйственных формирований, ранее не обследованных). На площади лесов более 59 тыс. га прекращена хозяйственная деятельность, выявлено усыхание лесов на площади более 10 тыс. га., что привело к ухудшению санитарного состояния лесов и увеличению пожароопасности. Распределение площадей лесов России по зонам радиоактивного загрязнения на 2025 год представлено в таблице 3.15

Таблица 3.15 — Распределение площади загрязненных лесов по областям и зонам загрязнения по состоянию на 2025 г., тыс. га и % изменения за прошедшие 5 лет (40 лет..., 2026)

Субъекты РФ	Площадь загряз- ненных лесов	Плотность загрязнения, кБк/м ²			
		37-185	185-555	555-1480	> 1480
Белгородская	13,2	13,2			
Брянская	212,5	135,2	69,7	7,3	0,3
Воронежская	7,6	7,6			
Калужская	143,6	131,1	12	0,5	
Курская	8,1	8	0,1		
Липецкая	2,7	2,7			
Орловская	43	43			
Пензенская	74,6	74,6			
Рязанская	18,3	18,3			
Тульская	61,3	60,4	0,9		
Ульяновская	19	19			
Итого:	603,9	512,9	82,8	7,8	0,3

По состоянию на 2025 г. площадь российских лесов с плотностью загрязнения почвы выше 37 кБк/м² (1 Ки/км²) составляет 603,9 тыс. гектаров. Загрязненные леса остаются на территориях 11 субъектов Российской Федерации (Табл. 3.15). На сегодняшний день леса Ленинградской, Смоленской, Тамбов-

ской областей и Республики Мордовия вышли из зон радиоактивного загрязнения. За период с 2020 по 2025 гг. общая площадь радиоактивного загрязнения лесов снизилась на 8,8 %.

Наиболее загрязнены леса Брянской области. На 2025 год на её территории в зонах радиоактивного загрязнения остается 212,5 тыс. га лесного фонда, и сохраняются участки с плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs более 1480 кБк/м². Небольшие участки с уровнем загрязнения 555–1480 кБк/м² сохраняются в Калужской области. В Тульской, Белгородской и Курской областях встречаются локальные участки с уровнями 185–555 кБк/м². В остальных областях все лесные участки находятся в зоне с плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs 185–555 кБк/м² (40 лет..., 2026).

Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs в лесах характеризуется высокой пространственной неоднородностью, что обусловлено как характером радиоактивных выпадений в период аварии, так и перераспределением радионуклидов в пространственно-сложных лесных экосистемах. Вертикальное распределение радионуклида по почвенному профилю изменяется довольно медленно.

Поведение радионуклидов в лесных экосистемах в отдаленный период

Радиоактивное загрязнение лесов имеет свою специфику. Осевшие радионуклиды длительное время удерживаются под пологом леса и в подстилке, формируя более высокий радиационный фон, чем на открытых участках. Вовлекаясь в биологический круговорот, они прочно фиксируются в экосистеме; реальное очищение загрязненных лесов в настоящее время происходит лишь за счет радиоактивного распада. Таким образом, лес выступает эффективным биогеохимическим барьером, предотвращающим вынос радионуклидов за пределы загрязненных территорий, но одновременно на длительный срок остается источником повышенной радиационной опасности.

Лесные почвы

Примерно через год после выпадений почва стала основным резервуаром радиоцезия в лесах. Впоследствии загрязнение деревьев и растений подлеска происходило за счет корневого поглощения, продолжавшегося по мере миграции радиоцезия в почвенном профиле. Как и для калия — его питательного аналога, скорость циклирования радиоцезия в лесах высока, и квазиравновесие достигается через несколько лет после атмосферных выпадений (Shcheglov et al., 2001).

В большинстве лесных экосистем наиболее загрязнённым компонентом леса по содержанию радионуклидов является лесная подстилка. При плотности загрязнения почвы на уровне 1500 кБк/м^2 , удельная активность подстилки может достигать $30\text{--}35 \text{ кБк/кг}$ (Щеглов и др., 2005; Ипатьев, 1999). Важная роль лесной подстилки как аккумулятора искусственных радионуклидов, поступивших с глобальными выпадениями, была установлена ещё в 60–70-х годах XX века. Было продемонстрировано (Auerbach et al., 1967; Алексахин и др., 1977), что лесная подстилка в сосновых биогеоценозах способна удерживать до 80% общего запаса радионуклидов в лесной экосистеме. Однако удерживающая способность подстилки снижается по мере увеличения доли лиственных пород в насаждении и улучшения условий увлажнения (Переволоцкий и др., 2018).

Верхние, богатые органикой, слои почвы служат долгосрочным поглотителем и одновременно общим источником радиоцезия для загрязнения лесной растительности, хотя отдельные компоненты леса существенно различаются по способности накапливать радиоцезий из этого органического субстрата (Рис. 3.11).

Вследствие биологического рециклинга и депонирования радиоцезия в компонентах лесных экосистем его миграция в лесных почвах ограничена, и в долгосрочной перспективе основная часть загрязнения находится в верхних

органических горизонтах (Рис. 3.11). Однако медленный вертикальный перенос радиоцезия продолжается, хотя скорость миграции существенно варьируется в зависимости от типа почвы и климата.

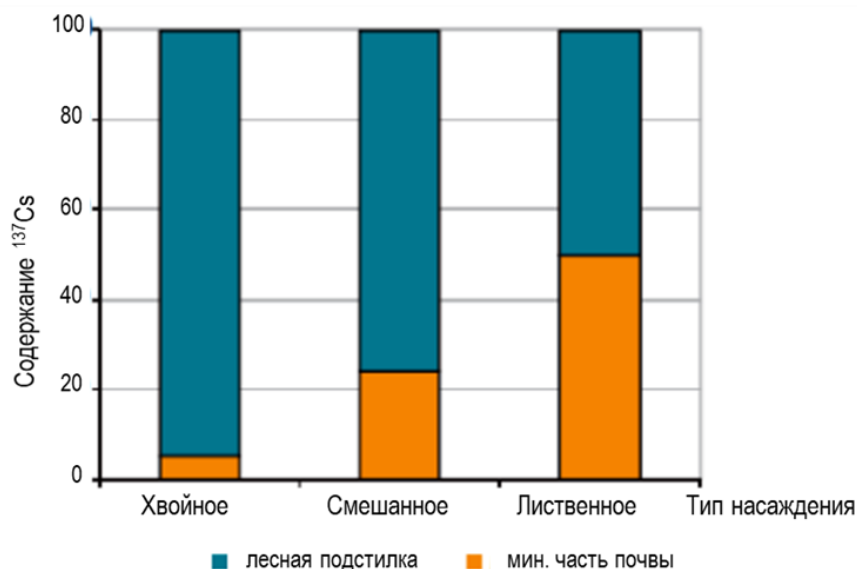


Рисунок 3.11 — Доля ^{137}Cs в лесной подстилке и минеральной части почвы в разных древесных формациях, % (усредненные данные) (25 лет ..., 2011)

На перераспределение радионуклидов в лесном биоценозе существенно влияют структура и мощность лесной подстилки, скорость ее разложения, формирование гумусового слоя и другие факторы, определяемые типом леса и лесорастительными условиями. Изменение содержания радионуклидов в подстилке и верхнем минеральном горизонте почвы ведет к количественным и качественным сдвигам в их перераспределении по компонентам экосистемы, что сказывается на загрязнении древесины и иных лесных ресурсов. Высвобождение радиоцезия из лесных экосистем с грунтовыми водами, как правило, ограничено из-за его фиксации глинистыми минералами. Важная роль лесной растительности в перераспределении радиоцезия заключается в его частичном и временном депонировании, особенно в стволах и ветвях деревьев, обладающих значительной биомассой (Щеглов и др., 2005).

Вертикальное распределение радиоцезия в почве оказывает существенное влияние на динамику его поглощения травянистыми растениями, деревьями и грибами. Оно также влияет на изменение мощности дозы внешнего гамма-излучения с течением времени. Верхние слои почвы обеспечивают возрастающую защиту от излучения по мере миграции пика загрязнения вниз по профилю (Рис. 3.12). Наиболее быстрый нисходящий вертикальный перенос наблюдался в гидроморфных почвах (35 лет ..., 2021).

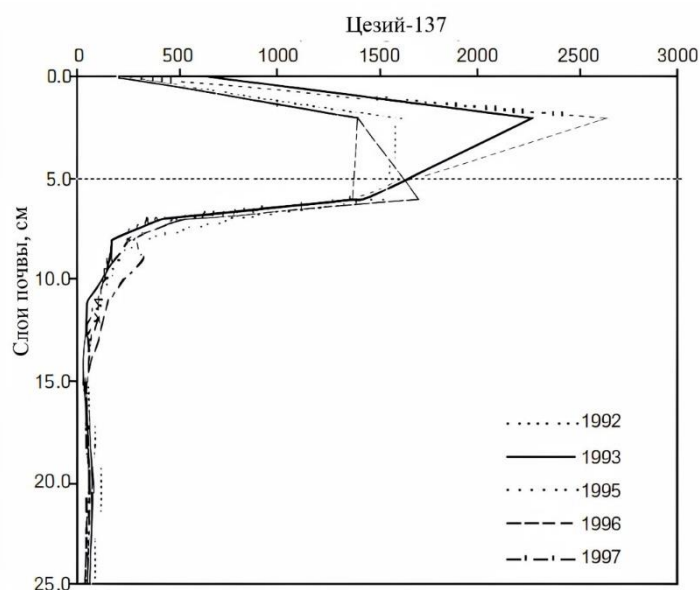


Рисунок 3.12 — Профили радиоактивного цезия в почве леса из сосны обыкновенной вблизи Гомеля в Беларуси, 1992–1997 гг. (Shaw et al., 2002). Горизонтальная линия обозначает границу между органическим и минеральным слоями почвы

Накопление ^{137}Cs в древесных растениях

Часть радиоцезия, поглощенного растительностью из почвы, ежегодно возвращается в круговорот путем выщелачивания и опада хвои и листьев, что обеспечивает длительную биологическую доступность радиоцезия в поверхностном слое почвы. В растительном ярусе сосредоточено от 5 до 10% суммарного запаса ^{137}Cs , преимущественно в древостое (Shaw et al., 2002; Shcheglov et al., 2001; Auerbach et al., 1967; Алексахин и др., 1977; Щеглов и др., 2005; Ипатьев, 1999).

Верхние, богатые органикой, слои почвы служат долгосрочным поглотителем и одновременно общим источником радиоцезия для загрязнения лесной растительности, хотя отдельные компоненты леса существенно различаются по способности накапливать радиоцезий из этого органического субстрата.

Удельная активность радионуклидов в древесине, листьях (хвое), коре и ветвях является специфичной для каждой породы. Наименьшие показатели зафиксированы в окоренной древесине — наиболее ценной хозяйственной части дерева.

Накопление в лесной растительности зависит прежде всего от плотности загрязнения почвы, однако существенную роль играют: механический состав, плодородие и влажность почв. На бедных, избыточно увлажнённых почвах древесина сосны, берёзы, осины, ели и дуба загрязняется сильнее, чем на богатых и умеренно увлажнённых, при этом наблюдается прямая пропорциональная зависимость от плотности загрязнения (Рис. 3.13).

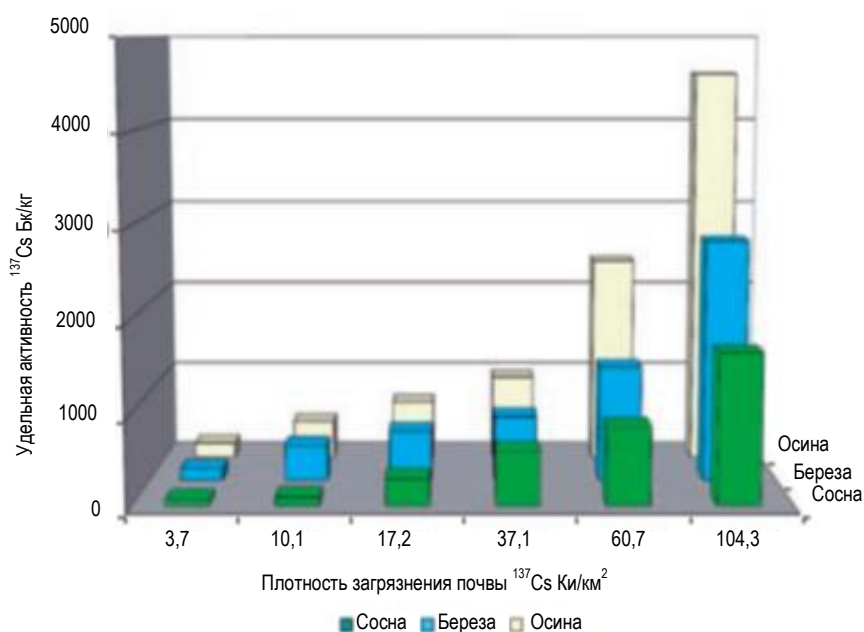


Рисунок 3.13 – Удельная активность ^{137}Cs в древесине на лесных участках с различной плотностью загрязнения почвы (25 лет ..., 2011)

Для древесины ствола максимальные концентрации ^{137}Cs фиксируются в физиологически активных периферийных кольцах (Переволоцкий и др., 2018). По мере приближения к центру ствола значения удельной активности ^{137}Cs снижаются, причем более резко снижение происходит у древесных пород с хорошо выраженной ядровой древесиной (у дуба – почти в 5 раз), а в меньшей степени – для сосны (Рис. 3.14) (Переволоцкий и др., 2018; Fesenko et al., 2001a).

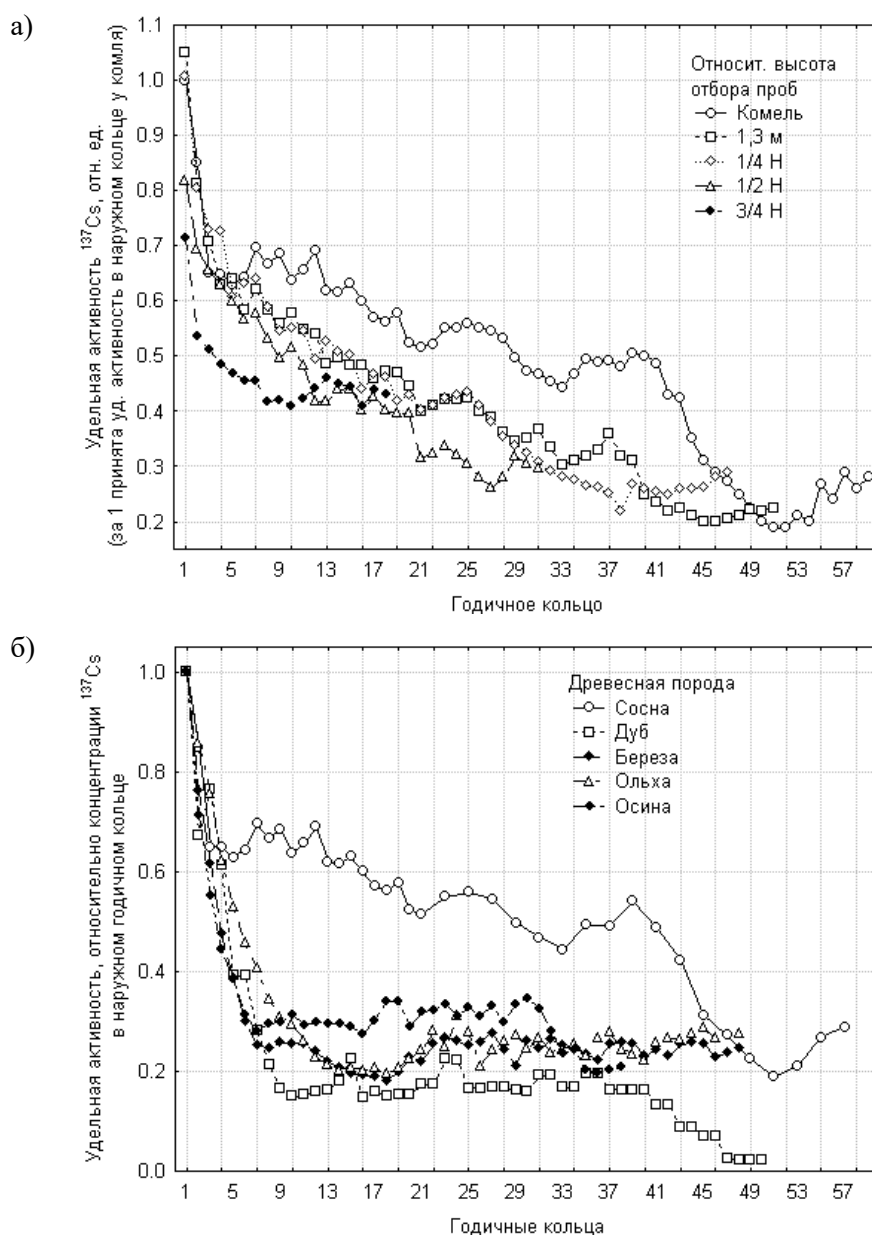


Рисунок 3.14 – Распределение концентрации ^{137}Cs в радиальном направлении ствола: а) на различных высотах сосны обыкновенной; б) для различных пород на высоте 1,3 м (Переволоцкий и др., 2018)

С увеличением высоты сосны соотношение между содержанием ^{137}Cs в наружных и внутренних годовых кольцах уменьшается, что может быть связано с повышением доли физиологически активных проводящих тканей вблизи вершины. В одних и тех же годовых кольцах удельная активность ^{137}Cs снижается от комля к вершине (Fesenko et al., 2001a).

Наблюдается заметная неоднородность распределения концентрации ^{137}Cs по высоте ствола, которая может отличаться в 4–6 раз. На примере сосны обыкновенной отмечается также волнообразный характер распределения концентрации ^{137}Cs по высоте ствола (Карпов и др., 2025).

Гидрологический режим лесных почв является важным фактором, определяющим перенос радионуклидов в лесных экосистемах (Краснов, 2007; Переволоцкий и др., 2018; Calmon et al., 2009; Fesenko et al., 2001a; Fesenko et al., 2001b). В зависимости от гидрологического режима коэффициенты перехода (K_n) радиоцезия для деревьев, грибов, ягод и кустарников могут варьироваться в диапазоне более трех порядков величины (Calmon et al., 2009). Минимальные значения K_n характерны для автоморфных (сухих) лесов и почв, развитых на ровных склонах в условиях свободного поверхностного стока. Наибольшие значения K_n связаны с гидроморфными лесами, формирующимися при длительном застаивании поверхностных вод. Среди других факторов, влияющих на перенос радионуклидов в лесах, важное значение имеют распределение корневых систем (мицелия) в почвенном профиле и способность разных растений к накоплению радиоцезия (Fesenko et al., 2001a; Fesenko et al., 2001b).

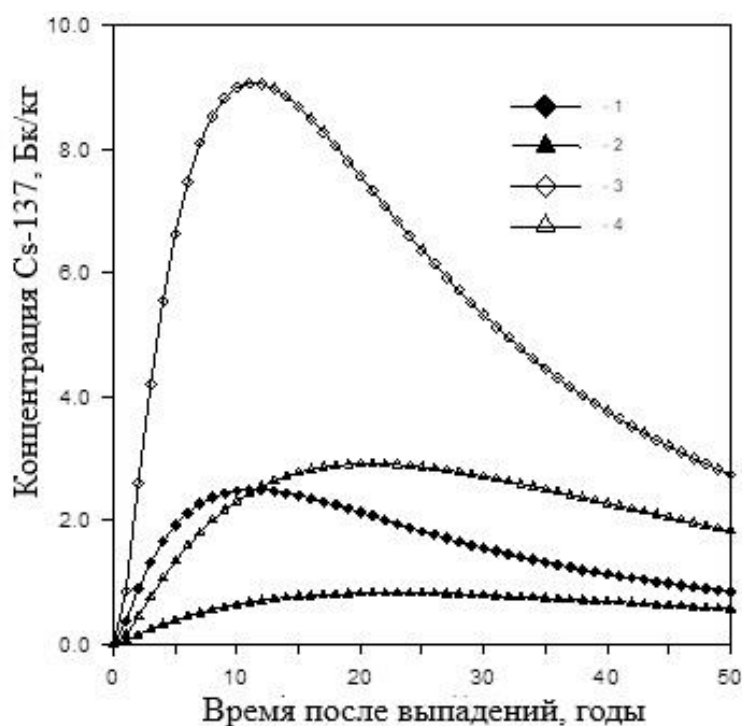
Значительная часть лесов в пострадавших от чернобыльской аварии регионах Российской Федерации является искусственными насаждениями и используется для производства древесины. Общие тенденции загрязнения лесного фонда таковы, что вплоть до 2000 года наблюдалось увеличение содержания радионуклидов в древесине основных лесообразующих пород во всех регионах. В последующие годы отмечена некоторая стабилизация содержания

^{137}Cs в древесных лесных ресурсах. Содержание радионуклидов в древесине лиственных пород, как правило, в 2 раза превышает их содержание в хвойных. В течение 10–15 лет ожидается переход к фазе снижения содержания цезия в древесине. При плотности загрязнения 1–5 Ки/км² (37–185 кБк/м²) удельная активность ^{137}Cs в древесине обычно не превышает санитарных норм, что допускает ее использование без ограничений (25 лет ..., 2011). При плотности свыше 5 Ки/км² содержание радионуклида в листьях, хвое, коре и ветвях может превышать нормативы, однако в окоренной древесине в большинстве случаев оно остается в пределах нормы даже при загрязнении до 15 Ки/км² (0,55 МБк/м²) (30 лет ..., 2016). В период с 2021 по 2025 гг. превышения допустимых уровней содержания ^{137}Cs в древесине выявлены только в Злынковском и Клинцовском лесничествах Брянской области и составляют около 5,5% обследованных лесосек (40 лет ..., 2026). В настоящее время уровни содержания ^{137}Cs в древесине могут превышать допустимые уровни (ДУ) для жилищного строительства (СП 2.6.1.759–99) в случае плотности радиоактивного загрязнения почвы свыше 10 Ки/км², что обуславливает необходимость проведения постоянного радиационного контроля древесных ресурсов на данных участках. Из структурных частей древесных растений как хвойных, так и лиственных пород, наибольшая удельная активность наблюдается в листьях, хвое, ветвях, лубе, коре (Ипатьев, 1999; Краснов, 2007; Переволоцкий и др., 2018; Calmon et al., 2009; Fesenko et al., 2001a).

Данные, полученные после аварии на Чернобыльской АЭС, способствовали углублению понимания процессов поведения чернобыльских выпадений в лесных экосистемах и широко использовались для прогнозирования уровней загрязнения, что является важным условием для принятия обоснованных решений в сфере управления территориями, затронутыми загрязнением (IAEA, 2002; Avila et al., 1999; IAEA, 2003; Ravila, Holm, 1994).

Математические модели поведения радиоцезия в лесах, предназначенные для количественной оценки динамики его потоков и распределения в экосистеме, позволяют дать прогноз для конкретных компонентов лесной экосистемы, например, для древесины деревьев и пищевых продуктов (грибов и ягод). Прогноз изменения удельной активности радиоцезия в древесине для двух типов лесных экосистем с двумя возрастными классами деревьев, выполненные с помощью модели FORESTLAND (разработка ВНИИРАЭ) (Avila et al., 1999) представлен на рисунке 3.15.

Эти результаты наглядно иллюстрируют важность учета как почвенных условий, так и стадии развития деревьев на момент выпадений для контроля загрязнения заготавливаемой древесины.



1, 2: автоморфная почва, 3, 4: полугидроморфная почва; 1, 3: начальный возраст 20 лет; 2, 4: начальный возраст 80 лет (Avila et al., 1999).

Рисунок 3.15 — Прогнозируемая концентрация радиоактивного изотопа ^{137}Cs в древесине для различных типов лесных почв и возрастов деревьев при плотности выпадений 1 кБк/м^2

После первичного загрязнения лесов радиоцезием дальнейшее перераспределение ограничено. К процессам мелкомасштабного перераспределения относятся ресуспензия, пожары и эрозия/поверхностный сток, однако ни один из них, вероятно, не приведет к значительной миграции радиоцезия за пределы территории первоначального выпадения (Ould-Dada, Baghini, 2001; Amiro, Dvornik, 1999).

Содержание ^{137}Cs в грибах, ягодах и мясе диких животных

Значительная часть дозы облучения населения на загрязненных территориях сегодня формируется за счет потребления пищевых лесных ресурсов. Вклад грибов, ягод, дичи и продукции лесных пастбищ во внутреннюю дозу облучения, особенно у работников лесного хозяйства, достигает 30–80 %. Удельная активность радионуклидов в этих продуктах, как и в древесине, прямо зависит от плотности загрязнения почв (IAEA, 2006; IAEA, 2002; Fesenko et al., 2000).

Динамика загрязнения грибов во времени отражает биологическую доступность в субстратах, используемых различными видами грибов. Поскольку некоторые виды трофически связаны с определёнными почвенными слоями, динамика их загрязнения коррелирует с уровнями радиоцезия в этих слоях (Fesenko et al., 2000). Высокие средние уровни загрязнения для всех видов грибов отражаются в высоком среднем коэффициенте перехода из почвы в грибы (π), который существенно превышает аналогичные показатели для других компонентов лесных экосистем. Тем не менее, коэффициенты перехода подвержены значительной вариабельности и могут изменяться в диапазоне от 0,003 до 7 м²/кг, то есть в пределах примерно 2000-кратного изменения (Перволоцкий и др., 2018; Salmon et al., 2009) (Рис. 3.16).

В целом сапротрофы и грибы-ксилотрофы (например, опенок осенний, *Armillaria mellea*) характеризуются более низким уровнем загрязнения, в то время как для микоризных грибов (например, *Xerocomus* и *Lactarius*), образу-

ющих симбиоз с корнями деревьев, отмечается высокое поглощение радиоцезия. Степень изменчивости загрязнения грибов показана на рисунке 3.17, который также указывает на тенденцию к медленному снижению загрязнения в 1990-е годы.

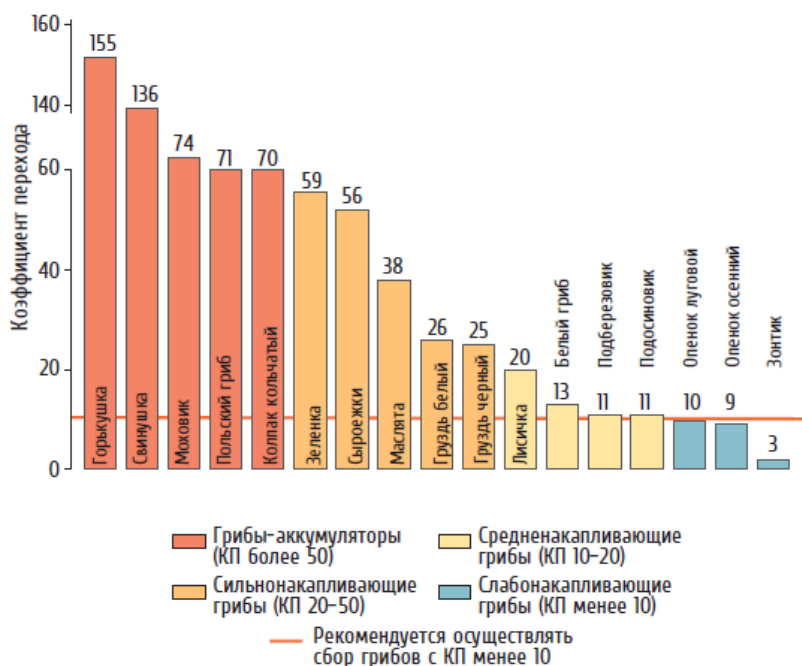


Рисунок 3.16 – Распределение грибов по степени накопления ^{137}Cs (25 лет ..., 2011)

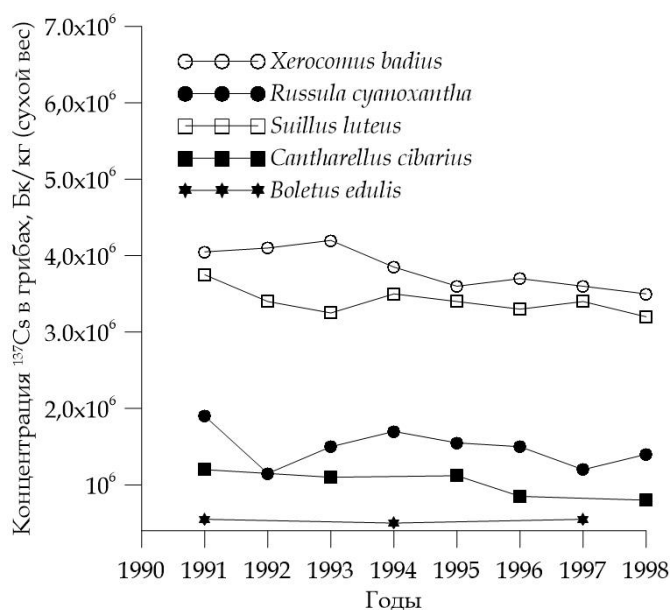


Рисунок 3.17 — Концентрации ^{137}Cs в грибах, собранных в сосновом лесу в 130 км к юго-западу от Чернобыльской АЭС. Плотность выпадений ^{137}Cs на почве в 1986 году составляла 555 кБк/м² (IAEA, 2002)

Загрязнение грибов в лесах обычно существенно выше, чем лесных ягод (например, черники). Значения K_n для лесных ягод колеблются от 0,02 до 0,2 м²/кг (Calmon et al., 2009). Из-за в целом более низких уровней содержания радиоцезия и относительно небольшой потребляемой массы лесные ягоды представляют меньшую радиологическую опасность для человека, чем грибы. Однако оба продукта вносят значительный вклад в рацион диких животных и, следовательно, формируют еще один путь облучения людей, использующих лесную продукцию (Avila et al., 1999).

Наиболее интенсивно ¹³⁷Cs накапливают грибы и ягоды в хвойных и смешанных лесах на бедных, часто переувлажненных почвах. Содержание радионуклидов в плодовых телах основных видов грибов в 1,5–10 раз выше, чем в лесной подстилке, и в 10–100 раз выше, чем в минеральном горизонте почвы. Так, в Злынковском лесничестве Брянской области (зона загрязнения 15–40 Ки/км²) концентрация ¹³⁷Cs в грибах в 2009 г. достигала 40 кБк/кг. На бедных почвах коэффициенты перехода радионуклидов в грибы и ягоды выше, чем на богатых, занятых широколиственными либо мелколиственными породами: в богатых условиях содержание ¹³⁷Cs в грибах ниже на 30–80%. Для ягодных растений эта зависимость еще более выражена: в ягодах земляники, малины, черники на богатых почвах содержание радионуклидов в 2–4 раза ниже (25 лет ..., 2011).

По степени накопления ¹³⁷Cs лесные ягоды делятся на три группы. К сильно накапливающим относится брусника. Накопление радионуклидов в лесной растительности определяется не только плотностью загрязнения и биологическими особенностями видов, но и типом леса и лесорастительными условиями. Решающие факторы — породный состав, плодородие и увлажнение почв (Рис. 3.18).

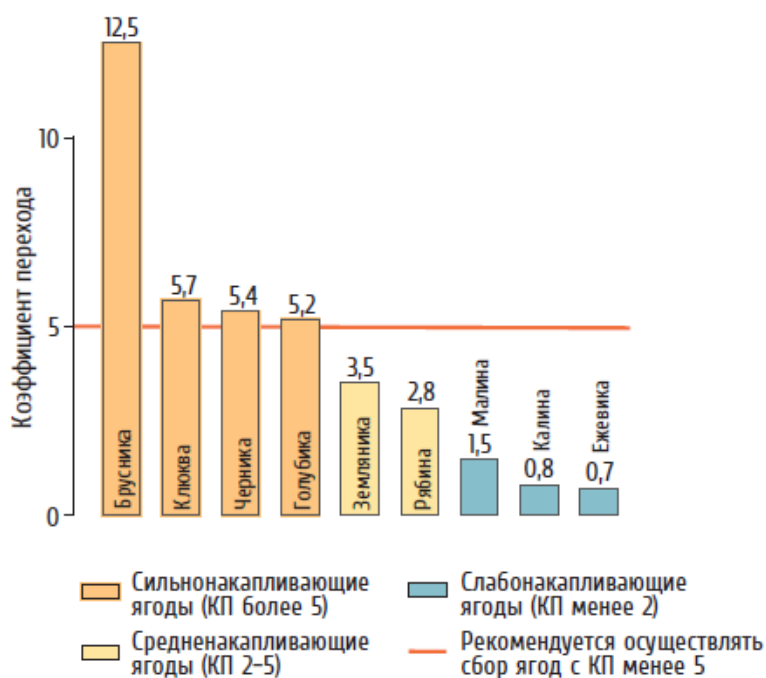


Рисунок 3.18 — Распределение ягод по степени накопления ^{137}Cs (25 лет ..., 2011)

Концентрации ^{137}Cs в организме диких животных, обитающих в загрязненных лесах, могут быть довольно высокие. Отмечены значительные сезонные колебания содержания радиоцезия, обусловленные изменениями в доступности грибов и лишайников. Наблюдается превышение допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs в грибах (40 % исследованных образцов), в лесных ягодах (55 %), мышцах диких животных (50 %), рыбе местных водоемов (18 %).

В зонах загрязнения 5–15 Ки/км² содержание ^{137}Cs в грибах составляет 2000–13000 Бк/кг, мышцах диких животных 1500–5600 Бк/кг (Романович и др., 2025).

Облучение работников лесхозов и населения

Загрязнение лесных экосистем привело к облучению населения, работников лесного хозяйства и смежных отраслей промышленности. Работники лесного хозяйства непосредственно подвергаются облучению в рабочее время из-за повышенных уровней радиоцезия в древесном пологе и верхних слоях

почвы. Доза внешнего облучения 1 мЗв/год достигается при постоянной занятости при проведении лесохозяйственных работ в зонах радиоактивного загрязнения на лесных участках с плотностью загрязнения почвы около 450 кБк/м² (Рис. 3.19) (Марченко и др., 2023).

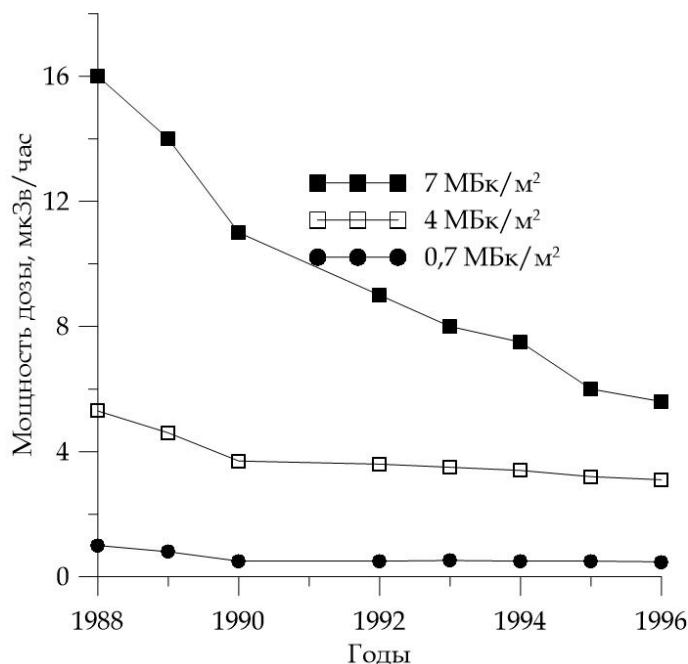


Рисунок 3.19 — Уровни мощности дозы гамма-излучения в воздухе в трех различных участках леса с различными уровнями выпадения ¹³⁷Cs на почву в Брянской области, 150 км к северо-востоку от Чернобыльской АЭС (Panfilov, 1999)

Внешнее облучение населения может быть связано с использованием загрязненной древесной продукции (например, мебели или деревянных полов). Кроме того, облучение возможно вследствие потребления дичи, дикорастущих грибов и ягод, содержащих радиоцезий. Опушки лесов также могут использоваться для выпаса домашних животных (крупного рогатого скота, овец). Это приводит к загрязнению молока и, как следствие, к облучению человека при потреблении молочных продуктов и мяса.

Экспорт загрязненной древесины, ее последующая переработка и использование могут привести к облучению лиц, которые обычно не подвергаются воздействию в самом лесу. Поглощение радиоцезия лесными почвами и

поступление в древесину относительно невелико: агрегированные коэффициенты перехода (TF) колеблются от 0,0003 до 0,003 м²/кг. Следовательно, древесина, используемая для изготовления мебели или строительства домов, вряд ли приведет к значительному облучению потребителей (IAEA, 2006; IAEA, 2003). Однако производство потребительских товаров (например, бумаги) связано с образованием как жидких, так и твердых отходов, которые могут быть существенно загрязнены радиоцезием. Переработка этих отходов рабочими целлюлозно-бумажных комбинатов может приводить к их облучению в производственных условиях (IAEA, 2003; Ravila, Holm, 1994). Использование других частей деревьев (хвои, коры, веток) для сжигания сопряжено с проблемой утилизации радиоактивной древесной золы (Fesenko et al., 2000). Эта практика активизировалась в последние годы в связи с ростом использования биотопливных технологий в Республике Беларусь, и проблема радиоцезия в древесной золе стала значимой, поскольку удельная активность радиоцезия в золе в 50–100 раз выше, чем в исходной древесине. Для бытовых потребителей дров в загрязненных регионах накопление золы в доме и/или саду также может стать источником внешнего гамма-облучения от радиоцезия (Fesenko et al., 2000).

Дополнительный путь облучения возникает при сборе и использовании дров для бытовых нужд. Это может приводить к облучению как в доме, так и в саду, особенно если древесная зола применяется в качестве удобрения. Промышленное использование лесной биомассы для производства энергии также может стать источником облучения как работников, так и населения. Количественная информация о дозах облучения человека, связанных с лесами и лесной продукцией, приведена в документе МАГАТЭ (IAEA, 2003).

Другой ряд важных путей облучения возникает в процессе заготовки, переработки и использования древесины и изделий из нее, происходящих из загрязненных лесных районов. Древесина и деревянные изделия становятся источниками потенциального облучения после их вывоза из леса, зачастую на

значительные расстояния, иногда пересекая государственные границы (Ravila, Holm, 1994).

Вторичные радиоэкологические эффекты

Значительную проблему на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, представляют лесные пожары (25 лет ..., 2011; 30 лет ..., 2016; 35 лет ..., 2021; 40 лет ..., 2026). При лесных пожарах высокая концентрация радионуклидов в подстилке может привести к многократному росту их содержания в дымовых аэрозолях. Вместе с тем расчеты показывают, что даже крупные пожары практически не повлияют на радиационную обстановку и не приведут к значимому повышению доз облучения населения (40 лет ..., 2026). Для борьбы с пожарами совершенствуется материально-техническая база лесопожарных служб: внедряются системы дистанционного мониторинга (IP-камеры, беспилотники), мобильные патрульные комплексы и оборудование для создания противопожарных разрывов.

Перспективным направлением реабилитации таких территорий является создание радиационно-безопасных лесных насаждений. В зонах высокого загрязнения (преимущественно в юго-западных районах Брянской области) наиболее эффективным признано формирование дубрав (40 лет ..., 2026). Дуб черешчатый, в отличие от естественно возобновляющихся березы и сосны, обеспечивает:

- Пожарную безопасность: под пологом дубрав класс пожарной опасности снижается до IV–V (слабая или отсутствует).
- Радиационную безопасность: коэффициент перехода ^{137}Cs в растения в 3–5 раз ниже, чем в сосняках.
- Хозяйственную ценность: дуб достигает возраста спелости после 120 лет, что соответствует четырем периодам полураспада ^{137}Cs , после чего в большинстве случаев может использоваться без ограничений. Древе-

сина дуба черешчатого обладает высокими физико-механическими и декоративными свойствами. Розничная стоимость пиломатериалов из дуба превышает стоимость аналогичных пиломатериалов из сосны в 5-10 раз. Данные мероприятия реализуются Рослесхозом с 2016 года.

Ограничения лесохозяйственных мероприятий в загрязнённых зонах приводят к регрессу санитарного состояния насаждений, накоплению горючих материалов и росту пожарного риска. Невозможность сжигания порубочных остатков после санитарной рубки способствует персистенции очагов вредителей, которые потенциально мигрируют на здоровые территории (35 лет ..., 2021).

Эффективные альтернативы утилизации остатков рубки и низкосортной древесины пока не разработаны в достаточной мере, а их имплементация сопряжена со значительными затратами. Кроме того, вопросы биологической устойчивости, внутривидовых и межвидовых взаимодействий лесобразующих организмов в условиях длительного облучения остаются малоисследованными (35 лет ..., 2021).

Государственный лесопатологический мониторинг, проводимый в соответствии с Лесным кодексом Российской Федерации, позволил собрать многолетние данные о динамике очагов вредных организмов. Анализ этих данных по Брянской области за период наблюдений, превышающий 10 лет, выявил достоверные корреляции и устойчивые тренды, связывающие возникновение очагов ряда хозяйственно-значимых видов насекомых-вредителей и болезней с плотностью загрязнения почвы на лесных участках (35 лет ..., 2021: Гниненко и др., 2019).

Отмечено, что для рыжего соснового пилильщика (*Neodiprion sertifer Geoffr.*) характерна устойчивая отрицательная корреляция с уровнем радиоактивного загрязнения. Смоляной рак сосны (*Peridermium pini (Willd.) Kleb.*) также демонстрирует устойчивый отрицательный тренд возникновения очагов

на градиенте плотности загрязнения почвы, что хорошо описывается кривой двухкомпонентной зависимости «доза — эффект» (Рис. 3.20).

Обратную зависимость показывает корневая губка (*Heterobasidion annosum* Fr.) на сосне, которая имеет устойчивую положительную связь между возникновением очагов и плотностью радиоактивного загрязнения лесных участков. Влияние радиоактивного загрязнения лесов на формирование очагов вредных организмов может быть обусловлено как прямым воздействием ионизирующего излучения на организм и популяцию патогена, так и косвенным — через влияние излучения на другие виды в лесных экосистемах, их трофические связи, а также вследствие изменения режимов хозяйственной деятельности.

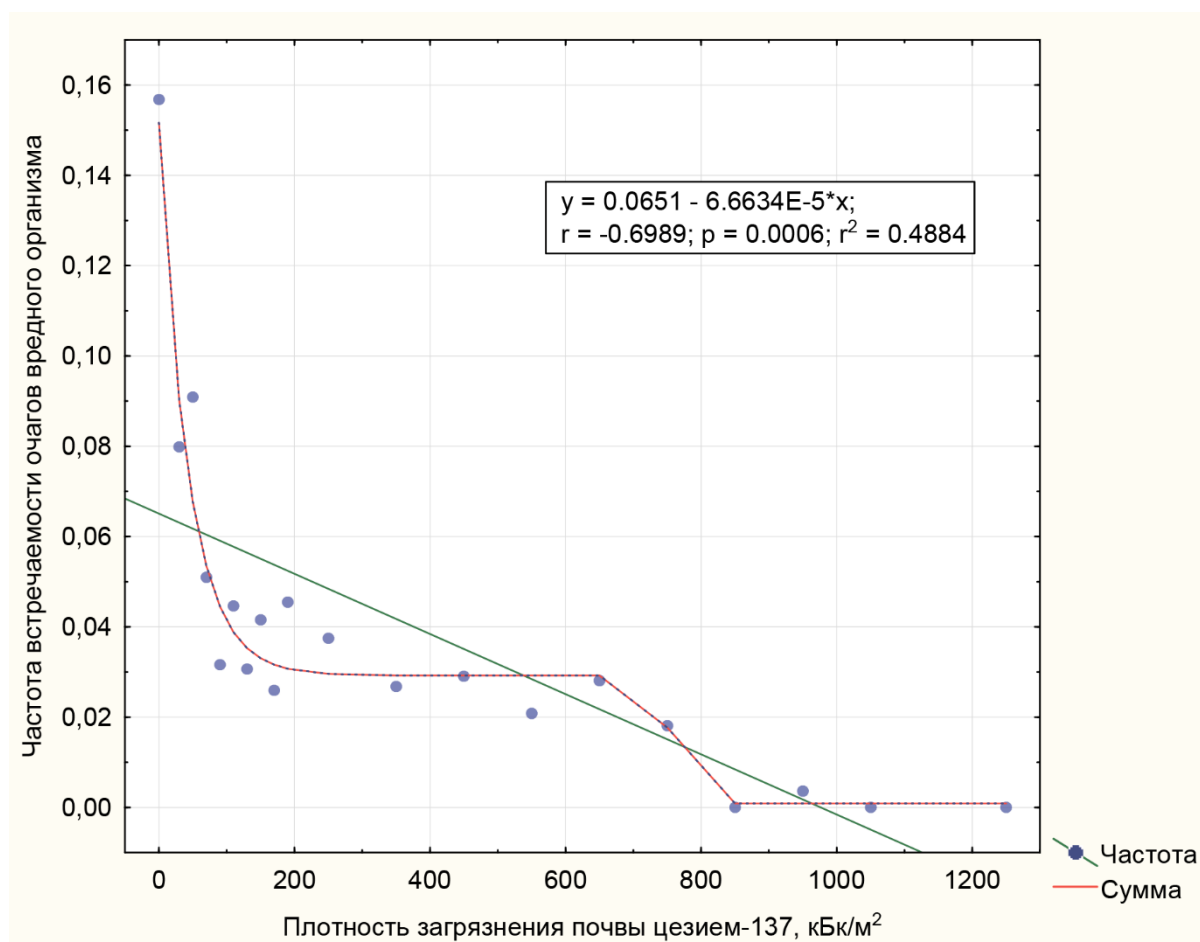


Рисунок 3.20 — Распределение частот встречаемости очагов смоляного рака сосны (*Peridermium pini* (Willd.) Kleb.) в зависимости от плотности радиоактивного загрязнения почвы

3.2 Республика Беларусь

3.2.1 Динамика и современное состояние радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель

В Беларуси загрязнению ^{137}Cs с плотностью более 37 кБк/м^2 ($1,0 \text{ Ки/км}^2$) подверглось 1866 тыс. га сельскохозяйственных земель (около 20% их общей площади), в том числе 1725 тыс. га с плотностью загрязнения до 555 кБк/м^2 (до 15 Ки/км^2) и 141 тыс. га – от 555 до 1480 кБк/м^2 ($15\text{--}40 \text{ Ки/км}^2$). В результате радиоактивного распада наблюдается постепенное уменьшение площади земель с контролируемой минимальной плотностью загрязнения ^{137}Cs 37 кБк/м^2 и более, перевод их в категорию незагрязненных. Площадь загрязненных земель сократилась за период с 1992 по 2025 г. с 1480 до 804,4 тыс. га (Рис. 3.21). В категорию незагрязненных перешло 675,6 тыс. га земель, ранее загрязненных ^{137}Cs .

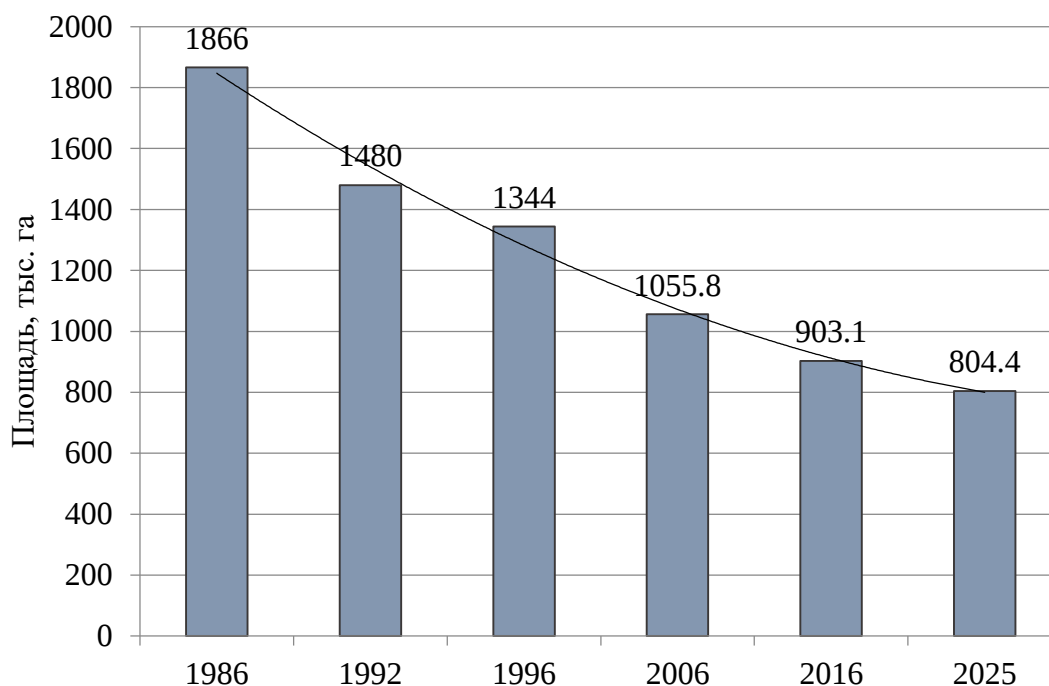


Рисунок 3.21 — Динамика площадей сельскохозяйственных земель Республики Беларусь, загрязненных ^{137}Cs с плотностью 37 кБк/м^2 и более

За 40-летний послеаварийный период существенно изменилось соотношение площадей и удельного веса почв сельскохозяйственных земель по плотностям радиоактивного загрязнения. В первый послеаварийный период из общей площади почв сельскохозяйственных земель, загрязненных ^{137}Cs (1866 тыс. га), на долю с плотностью загрязнения 1-5 Ки/км² приходилось 68% (1270 тыс. га), с плотностью 5-15 Ки/км² – 24% (455 тыс. га) и с плотностью 15-40 Ки/км² – 8% (141 тыс. га). В дальнейшем наблюдалось уменьшение удельного веса земель с плотностью загрязнения от 5 до 40 Ки/км² и соответственно увеличение доли земель с плотностью загрязнения 1-5 Ки/км².

По состоянию на 01.01.2025 согласно данным агрохимического и радиационного обследования почв сельскохозяйственных земель Беларуси аграрное производство ведется на 804,4 тыс. га земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью 1-40 Ки/км², что составляет около 11% общей их площади. В составе загрязненных ^{137}Cs пахотных и луговых земель на земли с плотностью загрязнения 1-5 Ки/км² приходится 83%, с плотностью 5-15 Ки/км² – 16% и с плотностью 15-40 Ки/км² – 1%.

Анализ экспликации загрязненных сельскохозяйственных земель Республики Беларусь показывает, что основные массивы их сосредоточены в Гомельской и Могилёвской областях. По административным районам площади загрязненных земель колеблются в очень широких пределах – удельный вес их изменяется от менее 0,1 до 97% от общей площади сельскохозяйственного землепользования района. В зависимости от удельного веса земель, загрязненных ^{137}Cs , все районы разделены на 4 группы (Рис. 3.22).

В Беларуси загрязнению ^{90}Sr с плотностью более 0,15 Ки/км² (более 5,55 кБк/м²) подверглось около 650 тыс. га сельскохозяйственных земель (около 7 % их общей площади). Часть их с высокой плотностью загрязнения была выведена из хозяйственного оборота. В результате радиоактивного распада про-

исходит постепенное уменьшение площади земель с контролируемой минимальной плотностью загрязнения ^{90}Sr 0,15 Ки/км² и выше, перевод их в категорию незагрязненных.

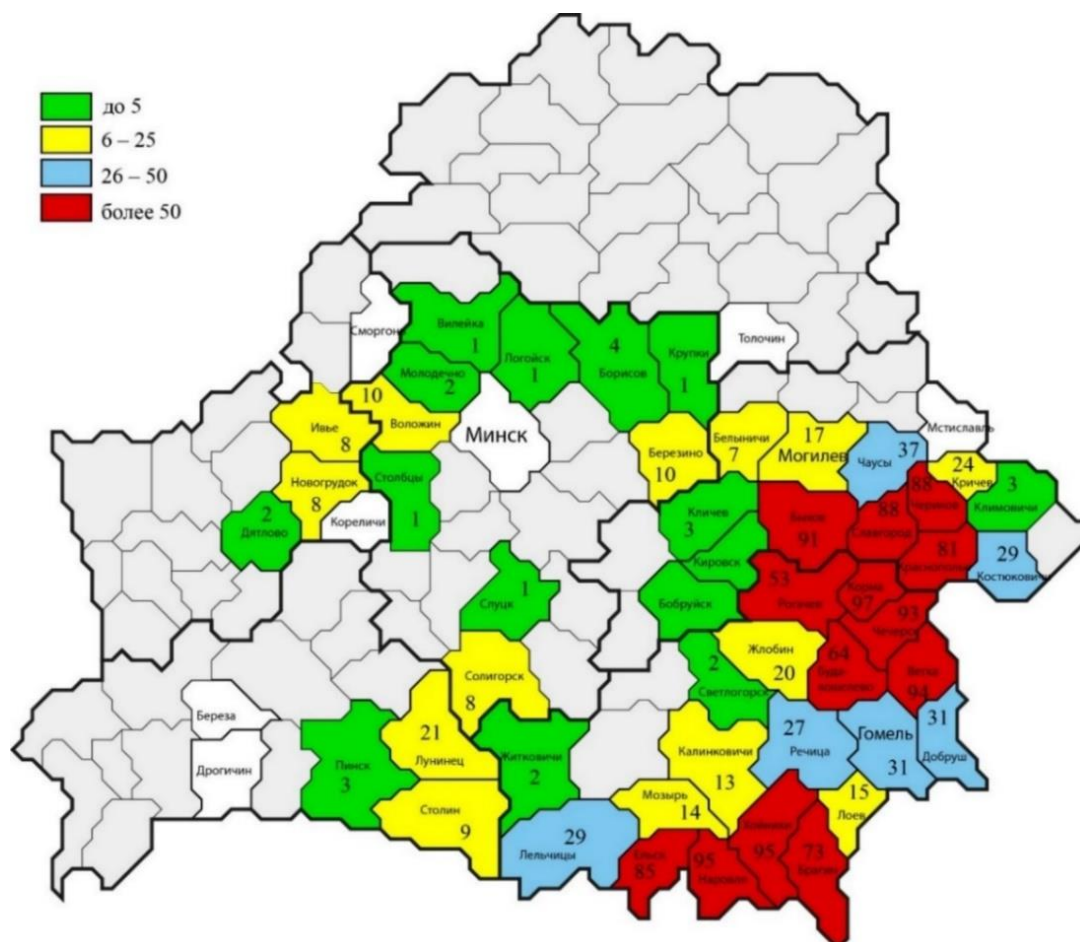


Рисунок 3.22 — Картограмма распределения административных районов по удельному весу (в процентах) загрязненных ^{137}Cs сельскохозяйственных земель

Площадь загрязненных ^{90}Sr сельскохозяйственных земель сократилась за период с 1996 по 2025 г. с 555,1 до 266,8 тыс. га. В категорию незагрязненных перешло 284,3 тыс. га земель или 51 % ранее загрязненных (Рис. 3.23). За длительный послеаварийный период также существенно изменилось соотношение площадей и удельного веса почв сельскохозяйственных земель по плотностям радиоактивного загрязнения.

По состоянию на 01.01.2025 согласно данным агрохимического и радиационного обследования почв пахотных и луговых земель Беларуси аграрное производство ведется на 266,8 тыс. га земель, загрязненных ^{90}Sr с плотностью 0,15-3,00 Ки/км², что составляет около 3,5 % общей площади сельскохозяйственных земель республики. В составе загрязненных ^{90}Sr земель на земли с плотностью загрязнения 0,15-0,30 Ки/км² приходится 62,2 %, с плотностью 0,30-1,00 Ки/км² – 34,5 % и с плотностью 1,01-3,00 Ки/км² – 3,3 %.

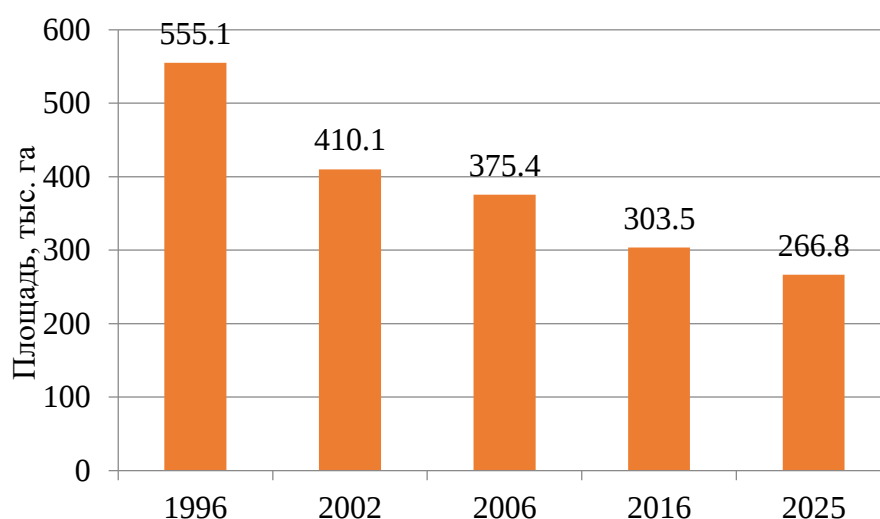


Рисунок 3.23 — Динамика площадей сельскохозяйственных земель Республики Беларусь, загрязненных ^{90}Sr с плотностью 37 кБк/м² и более

Сельскохозяйственные земли, загрязненные ^{90}Sr , имеются в 22 административных районах Беларуси. По районам площади их колеблются в очень широких пределах – удельный вес изменяется от менее 0,1 до 96,4 % от общей площади сельскохозяйственного землепользования района (Рис. 3.24).

Таким образом, за 40-летний послеварийный период в результате естественного распада радионуклидов площади используемых сельскохозяйственных земель, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr существенно сократились. Изменилось соотношение площадей и удельного веса почв сельскохозяйственных земель по плотностям радиоактивного загрязнения.

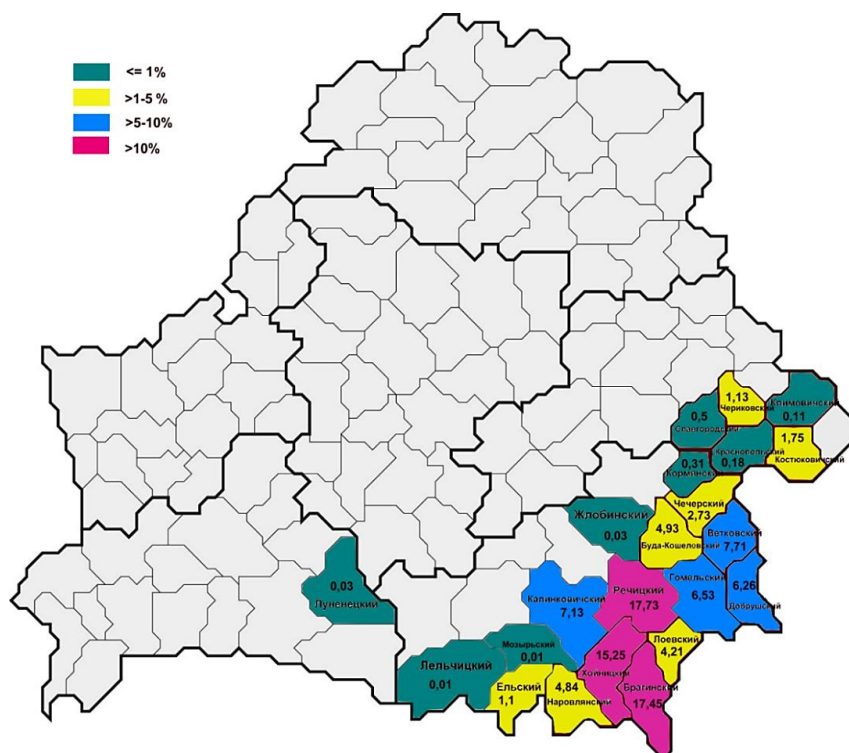


Рисунок 3.24 — Картограмма распределения административных районов по удельному весу загрязненных ^{90}Sr сельскохозяйственных земель

3.2.2 Система защитных и реабилитационных мероприятий на сельскохозяйственных землях

В разные периоды после аварии на Чернобыльской АЭС разрабатывались превентивные меры, которые позволяли снизить последствия радиоактивного загрязнения и обеспечить радиационную защиту населения. В первый период были разработаны общие подходы к проведению защитных мер в зонах с разными уровнями радиоактивного загрязнения. С целью получения сельскохозяйственной продукции с допустимым содержанием радионуклидов и обеспечения радиационной безопасности работающих в аграрной сфере разработана и реализуется в рамках государственных программ по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС система защитных мероприятий (контрмеры), включающая организационные, агротехнические, агрохимические, зооветеринарные, технологические, санитарно-гигиенические, информационные мероприятия (Табл. 3.16).

Таблица 3.16 — Система защитных мероприятий в аграрном производстве (Богдевич и др., 2003)

Контрмеры	Содержание контрмер
Организационные	• обследование и инвентаризация земель по плотности радиоактивного загрязнения и их картирование; • прогноз содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции; • исключение земель из сельскохозяйственного пользования; • изменение отраслевой специализации хозяйств; • оптимизация землепользования, структуры посевов и севооборотов на основе подбора сельскохозяйственных культур; • организация радиационного контроля продукции; • оценка эффективности защитных мероприятий.
Агротехнические	• коренное и поверхностное улучшение сенокосов и пастбищ; • гидромелиорация (осушение, оптимизация водного режима); • противозрозионные приемы предотвращения вторичного загрязнения.
Агрохимические	• известкование кислых почв; • внесение органических удобрений, повышенных доз фосфорных и калийных удобрений; • оптимизация азотного питания растений; • применение микроудобрений; • использование средств защиты растений.
Зооветеринарные	• специальная система кормления животных, двухстадийный откорм животных перед отправкой на мясокомбинат; • применение сорбирующих препаратов (энтеросорбентов); • отдельный выпас скота для производства молока цельного и молока сырья.
Технологические	• первичная промывка и очистка продукции; • предварительная технологическая обработка продукции; • глубокая технологическая переработка продукции.
Санитарно-гигиенические	• соблюдение санитарно-гигиенических и других требований, установленных действующим в республике законодательством; • обеспечение дополнительным комплектом спецодежды.
Информационные	• информирование населения, министерств и ведомств о результатах радиационного контроля и эффективности защитных мероприятий; • информирование работников и населения о новых эффективных мерах, снижающих переход радионуклидов в возделываемые культуры и готовую продукцию; • научные исследования, подготовка и повышение квалификации специалистов.

В проведении защитных мероприятий на загрязнённых радионуклидами землях Беларуси выделяется три этапа: 1986-1992 гг., 1993-2000 гг., с 2001 г. по настоящее время (Шевчук и др., 2006).

На первом этапе проведены неотложные послеаварийные меры:

- эвакуация и отселение населения с территорий с высокой плотностью радиоактивного загрязнения;
- вывод из пользования наиболее загрязнённых земель (264,5 тыс. га) и исключение из структуры посевов и севооборотов сельскохозяйственных культур, отличающихся высокими параметрами накопления радионуклидов (зернобобовые, гречиха, бобовые травы);
- мелиоративное известкование кислых почв (682 тыс. га), внесение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений (за период 1986-1992 гг. внесено 1,15 млн. т K_2O и P_2O_5);
- запашка дернины, залужение естественных кормовых угодий (40,9 тыс. га) и перезалужение улучшенных сенокосов и пастбищ (215 тыс. га);
- осушение земель, включая реконструкцию и восстановление осушительных систем (39,8 тыс. га).

На втором этапе (1993-2000 гг.) защитные меры в аграрном производстве в комплексе включаются в государственные программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, носят детально-ориентированный характер и направлены на дальнейшее снижение содержания радионуклидов в продуктах питания, сельскохозяйственном сырье и кормах в связи с последовательным ужесточением санитарно-гигиенических требований (РДУ-92, РДУ-96, РДУ-99). В этот период защитные меры включали:

- залужение и перезалужение кормовых угодий в общественном и частном секторе;
- технологические работы по содержанию открытой внутрихозяйственной мелиоративной сети;

- внесение дополнительных доз фосфорных и калийных удобрений;
- внесение повышенных доз известковых материалов;
- применение цезийсвязывающих болюсов и комбикорма.

Для разработки комплекса агрохимических защитных мер был принят принцип индивидуального учёта плотности загрязнения, основных свойств почв и их агрохимических показателей каждого поля (рабочего участка).

Третий период защитных мер проводится с 2001 г. и направлен на производство нормативно чистой по содержанию радионуклидов и самокупаемой продукции растениеводства и животноводства. С этой целью в 2002–2010 гг. разработаны и реализованы программы переспециализации наиболее загрязнённых радионуклидами сельскохозяйственных организаций Гомельской и Могилевской областей. Основными направлениями переспециализации являлись:

- в растениеводстве изменение специализации и структуры землепользования с производства продовольственного зерна на семеноводство зерновых, зернобобовых культур и многолетних трав, производство картофеля и технических культур в хозяйствах, в которых невозможно стабильное получение нормативно чистого зерна на пищевые цели по содержанию ^{90}Sr ;
- в животноводстве изменение специализации с производства молока на развитие специализированного мясного скотоводства, коневодства и свиноводства в хозяйствах, в которых существует проблема получения нормативно чистого молока по содержанию радионуклидов.

Подбор культур и сортов с минимальным накоплением радионуклидов является наиболее доступным средством снижения поступления радионуклидов из почвы в растениеводческую продукцию. По величине накопления радионуклидов на единицу сухого вещества при одинаковой плотности загрязнения почв сельскохозяйственные культуры ранжированы в порядке

убывания. Установленные закономерности служат основой для размещения культур по полям и формирования структуры посевов и специализации растениеводства. Разработаны типовые схемы севооборотов в зависимости от уровня и характера загрязнения почв радионуклидами. Использование сортовых особенностей сельскохозяйственных культур, с одной стороны, позволяет увеличить их продуктивность, с другой – расширить ареал возделывания культуры с целью производства продовольственного зерна.

Многолетняя практика применения комплекса защитных мероприятий на загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных землях показала, что наиболее эффективными являются агрохимические мероприятия – известкование кислых почв, применение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений. Известкование в зависимости от исходной степени кислотности почвы снижает поступление радионуклидов в продукцию растениеводства в 1,5-3 раза, а применение повышенных доз калийных удобрений уменьшает поступление ^{137}Cs в растения до 2 раз, ^{90}Sr – до 1,5 раза.

Известкование кислых почв, загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель, проводится с целью оптимизации показателей реакции почвенной среды (pH_{KCl}), при которых наблюдается максимальное снижение поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческую продукцию. В 1986-1990 гг. на загрязненных радионуклидами землях рекомендовались средние мелиоративные дозы извести, превышающие в 1,5-2,0 раза дозы для незагрязненных земель. Затем были разработаны и введены в практику дифференцированные дозы извести в зависимости от типа почв, исходного уровня кислотности почв и плотности загрязнения радионуклидами, чтобы обеспечить достижение оптимального диапазона реакции почв каждого поля для наибольшей продуктивности севооборота и минимального накопления радионуклидов.

В настоящее время в Беларуси для достижения оптимального уровня кислотности почв применяются дозы извести согласно «Инструкции по известкованию кислых почв сельскохозяйственных земель» (Инструкция ...,

2019). Потребность в поддерживающем известковании определяется по итогам агрохимического и радиационного обследования почв, которое проводится на пахотных и улучшенных луговых землях с периодичностью один раз в четыре года. За счет средств республиканского бюджета, направляемых на преодоление последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, финансируется основной объем работ по известкованию почв, загрязненных радионуклидами. В первую очередь известкуются кислые почвы, загрязненные ^{90}Sr с плотностью 0,3-3,0 Ки/км² и одновременно загрязненные ^{137}Cs с плотностью 5-40 Ки/км². Дозы известковых мелиорантов устанавливаются из расчета доведения pH_{KCl} почв до оптимального уровня за один прием. При загрязнении почв ^{137}Cs 1,0-4,9 Ки/км² и ^{90}Sr 0,15-0,29 Ки/км² дозы известковых материалов увеличиваются только на торфяных почвах и дополнительно известкуются рыхлосупесчаные почвы с pH_{KCl} 5,51–5,75 и связносупесчаные почвы с pH_{KCl} 5,51–6,00.

За 40-летний послеаварийный период в результате системного проведения защитных мероприятий удалось оптимизировать показатели реакции почвенной среды (pH_{KCl}) сельскохозяйственных земель на территории радиоактивного загрязнения. Поэтому в настоящее время площади известкования почв не превышают 2% от общей площади загрязненных радионуклидами земель (Цыбулько и др., 2021).

Установлено снижение перехода радионуклидов из почвы в растения при внесении фосфорных удобрений, особенно на почвах с низким содержанием фосфатов. Фосфорные удобрения способствуют повышению урожайности возделываемых культур и закреплению ^{90}Sr в почве за счет осаждения его фосфатами.

Калийные удобрения оказывают наибольшее влияние на поступление ^{137}Cs в растения, что связано с антагонистическим отношением цезия и калия в почвенном растворе и позитивным влиянием последнего на урожайность,

особенно на низко обеспеченных подвижным калием (<200 мг/кг почвы) дерново-подзолистых песчаных и торфяных почвах. На почвах с высоким содержанием K_2O (>300 мг/кг на минеральных и 1000 мг/кг на торфяных почвах) рекомендуются дозы удобрений для поддержания оптимального калиевого режима.

В Беларуси за счет средств республиканского бюджета ежегодно производится закупка и поставка фосфорных и калийных удобрений в сельскохозяйственные организации, имеющие земли с плотностью загрязнения ^{137}Cs от $1,0$ Ки/км² и более или ^{90}Sr $0,15$ Ки/км² и более. Необходимые объемы минеральных удобрений рассчитываются для пахотных и улучшенных луговых земель, где проведено агрохимическое и радиационное обследование. При загрязнении сельскохозяйственных земель ^{137}Cs и ^{90}Sr , относящихся к разным интервалам, в расчетах используется большее значение нормативной дозы удобрений. Для предотвращения избыточных доз калийных удобрений и ухудшения качества продукции введены ограничения. На почвах с высоким содержанием подвижного калия (более 300 мг/кг на минеральных и 1200 мг/кг на торфяно-болотных почвах) внесение калийных удобрений не предусмотрено.

Основные и дополнительные дозы фосфорных и калийных удобрений дифференцируются по типам почв, содержанию подвижного фосфора и калия в почве и трем уровням плотности загрязнения: первый – содержание ^{137}Cs – $1-4,9$ Ки/км² или ^{90}Sr – $0,15-0,29$ Ки/км²; второй – содержание ^{137}Cs $5,0-14,9$ Ки/км² или ^{90}Sr – $0,30-0,99$ Ки/км²; третий – содержание ^{137}Cs $15,0-40,0$ Ки/км² или ^{90}Sr – $1,0-3,0$ Ки/км² (Цыбулько и др., 2021).

Обеспеченность почв гумусом – один из параметров их плодородия, влияющих на накопление радионуклидов в растениях. Это связано со снижением биологической доступности ^{137}Cs и ^{90}Sr в результате включения в органоминеральные комплексы почвы, с повышением обеспеченности почв элементами питания, увеличением урожайности культур и «биологическим» разбавлением концентрации радионуклидов. С повышением содержания гумуса в почвах от

1 до 3,5% накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческой продукции снижается в 1,5-3,5 раза. Органические удобрения в рекомендуемых дозах уменьшают переход радионуклидов из почвы в растения в среднем на 30%. Органические удобрения на загрязненных радионуклидами почвах применяются в соответствии с региональными технологиями (Табл. 3.17).

Таблица 3.17 — Рекомендуемые дозы органических и азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры на загрязненных радионуклидами дерново-подзолистых почвах

Культура	Дозы органических удобрений, т/га	Доза азотных удобрений, кг/га д. в.
Картофель	60-70	120
Озимые зерновые	30-40	200*
Яровые зерновые	-	120
Сахарная свекла	60-70	150
Кукуруза	70	150
Капуста	70	120
Морковь	-	90
Томаты	40	120
Огурцы	120	90
Столовая свекла	40	120
Лук-репка	40	90

* при планируемой урожайности 80 ц/га зерна

На загрязненных радионуклидами почвах важное значение имеет регулирование азотного питания растений. Недостаток азота в почве приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, а повышенные дозы азотных удобрений усиливают накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческой продукции. Определены рекомендуемые дозы азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры (Табл. 3.17).

За послеаварийный период в результате реализации крупномасштабных защитных и реабилитационных мероприятий в аграрном производстве поступление ^{137}Cs в сельскохозяйственную продукцию снизилось в 10–12 раз, поступление ^{90}Sr – в 2,5-3,0 раза (Департамент ..., 2011). Эффективность защитных мер приведена в таблице 3.18.

Таблица 3.18 — Эффективность некоторых защитных мероприятий

Технологический прием	Эффективность
Учет типа и гидроморфизма почвы. Совмещение операций основной и дополнительных обработок, применение безотвальной и минимальной обработок	Снижение накопления радионуклидов в продукции растениеводства до 1,3 раза
Известкование почв	Снижение накопления радионуклидов в продукции растениеводства в 1,5–3 раза
Применение органических удобрений	Снижение накопления радионуклидов в продукции растениеводства до 1,3 раза
Применение фосфорных удобрений	Снижение накопления в продукции растениеводства ^{137}Cs до 1,5 раз, ^{90}Sr в 1,2–3,5 раза
Применение калийных удобрений	Снижение накопления в продукции растениеводства ^{137}Cs до 2 раз, ^{90}Sr – до 1,5 раза
Подбор видов и сортов культур с минимальным накоплением	Снижение накопления радионуклидов в продукции растениеводства в зависимости: от вида растений до 30 раз, от сорта – до 7 раз
Коренное улучшение луговых земель	Снижение накопления радионуклидов в травостое в 2,5–6 раз
Поверхностное улучшение луговых земель	Снижение накопления радионуклидов в травостое в 1,5–2,9 раза
Применение цезийсвязывающих ферроцинсодержащих препаратов для крупного рогатого скота	Снижение накопления ^{137}Cs в молоке и мясе в 2–3 раза
Использование специальных кормовых рационов для различных видов животных с учетом возраста и других факторов	Снижение накопления ^{137}Cs в молоке и мясе в 1,5–2,5 раза

На протяжении послеаварийного периода прослеживается позитивная динамика в отношении радиологического качества производимой сельскохозяйственной продукции. Во-первых, наблюдается снижение объемов или полное исключение производства продукции растениеводства и животноводства, не соответствующей допустимым уровням по содержанию радионуклидов, а во-вторых, значительное уменьшение концентрации в ней ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Применение комплекса защитных мероприятий, направленных на производство сельскохозяйственной продукции, отвечающей допустимым (референтным) уровням по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr , и ограничение потребления пищевых продуктов со сверхнормативным содержанием радионуклидов, способствовало существенному снижению доз внутреннего облучения населения и сокращению количества населенных пунктов республики, в которых средняя годовая эффективная доза облучения населения превышает законодательно установленный предел – 1 мЗв в год (Табл. 3.19).

Таблица 3.19 — Динамика средних годовых эффективных доз облучения населения (СГЭД)

Показатель	Данные каталогов доз соответствующих лет				
	1992 г.	2004 г.	2009 г.	2015 г.	2020 г.
СГЭД жителей, проживающих на территории радиоактивного загрязнения, мЗв	0,99	0,83	0,46	0,34	0,25
Количество населенных пунктов, где СГЭД превышала 1 мЗв	1022	725	191	78	29

С 1992 по 2020 г. количество населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения, в которых средняя годовая эффективная доза облучения населения превышала 1 мЗв сократилось с 1022 до 29 населенных пунктов. Усредненная СГЭД всех жителей, проживающих на территории радиоактивного загрязнения, в 1992 г. достигала 0,99 мЗв, то есть была близкой к установленному пределу (1 мЗв в год). По состоянию на 2020 г. этот показатель составляет 0,25 мЗв (35 лет..., 2021).

3.2.3 Динамика и современное состояние радиоактивного загрязнения земель лесного фонда

В результате аварии на Чернобыльской АЭС лесные массивы аккумулировали значительное количество радионуклидов, выступая природным барьером на пути распространения радиоактивных аэрозолей ветровыми потоками.

Полномасштабное радиационное обследование земель лесного фонда, проведенное в 1991–1992 гг. на общей площади 5174,4 тыс. га, включало измерения мощности дозы гамма-излучения и плотности загрязнения почв ^{137}Cs в пределах лесного квартала. Наиболее загрязненные территории, отнесенные к зоне отчуждения и отселения, были обследованы специалистами Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, созданного в 1988 г., в том числе, на землях лесного фонда (60,7 тыс. га).

В последующие годы тотальное обследование территории не проводилось, работы по уточнению радиационной обстановки планировались с учетом прогноза изменения уровней загрязнения почв ^{137}Cs в лесных кварталах в результате радиоактивного распада, их перехода в зону с меньшей плотностью загрязнения. Уточнение радиационной обстановки на территории лесного фонда проводится ежегодно на площади от 50-100 тыс. га (Опыт ..., 2025).

За период с 2005 по 2025 гг. территория радиоактивного загрязнения лесного фонда уменьшилась на 601,3 тыс. га или на 34%. Уменьшение площади лесов в зонах радиоактивного загрязнения составляет в среднем до 2,0% в год (Рис. 3.25).

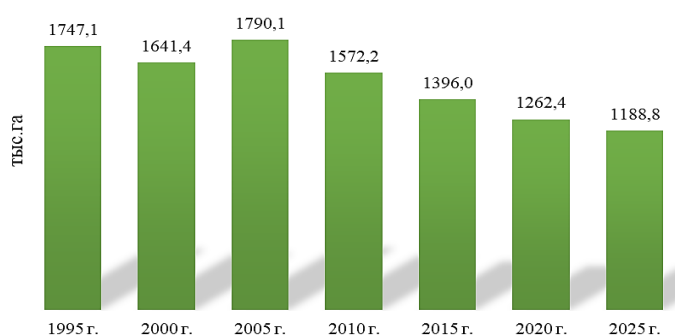


Рисунок 3.25 — Динамика площади радиоактивного загрязнения лесного фонда (Опыт ..., 2025)

Площадь радиоактивного загрязнения лесного фонда Минлесхоза на 01.01.2026 г. составляет 1188,8 тыс. га или 13,7% от общей площади (Опыт ..., 2025). В зоне I с плотностью загрязнения ^{137}Cs 1-5 Ки/км² находится 833,0 тыс. га (70,1%), в зоне II с плотностью загрязнения 5-15 Ки/км² – 279,6 тыс. га

(23,5%), в зоне III с плотностью загрязнения 15-40 Ки/км² – 76,0 тыс. га (6,3%) и в зоне IV с плотностью более 40 Ки/км² – 0,16 тыс. га (Рис. 3.26).

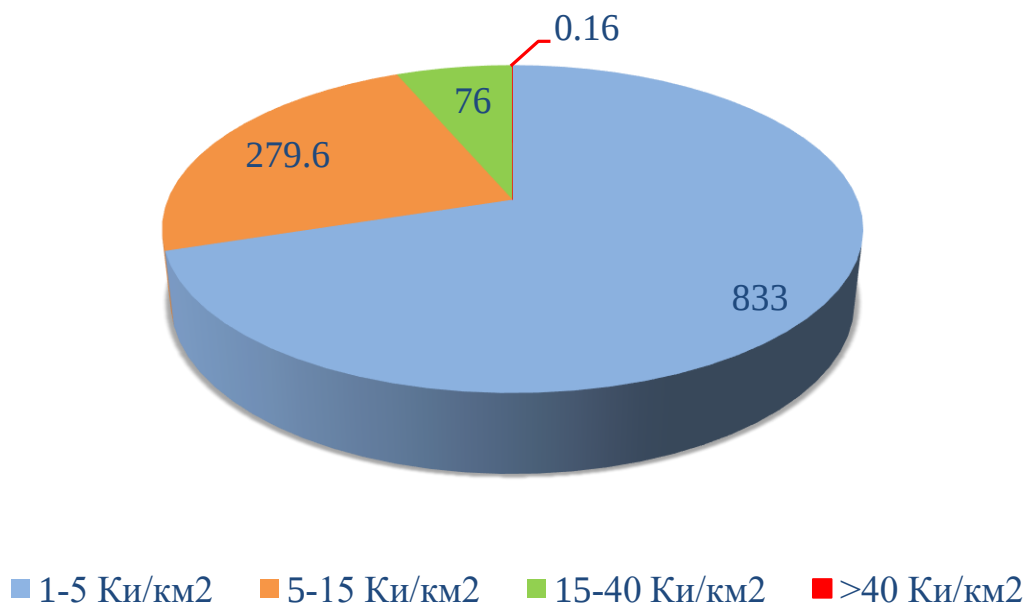


Рисунок 3.26 — Площадь лесного фонда в зонах радиоактивного загрязнения на 01.01.2026 г. (тыс. га)

3.2.4 Ведение лесного хозяйства на территории радиоактивного загрязнения

Особенности ведения лесного хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, заключаются в введении ограничений, дополнительных требований, в некоторых случаях, запретов на те или иные виды деятельности. Одним из ключевых отличий является необходимость оперативного получения сведений о показателях радиационной обстановки для принятия решений о проведении работ, соблюдения норм и правил по обеспечению радиационной безопасности.

Планирование лесохозяйственных мероприятий и лесопользования осуществляется в пределах выделенных зон радиоактивного загрязнения с использованием результатов радиационного контроля: плотности загрязнения, мощности дозы гамма-излучения, содержания ¹³⁷Cs в лесной продукции. Во

всех зонах радиоактивного загрязнения осуществляются работы по противопожарному обустройству лесов, дорожному строительству, лесоустройству территории лесного фонда, охране, защите и воспроизводству лесов, контролю радиоактивного загрязнения. В зонах радиоактивного загрязнения вводятся ограничения на осуществление лесопользования в целях предотвращения получения лесной продукции с содержанием ^{137}Cs , превышающим допустимые уровни (Табл. 3.20).

Таблица 3.20 — Регламентация лесохозяйственных мероприятий (Правила ..., 2016)

Мероприятия	Зона			
	I	II	III	IV
	1-5 Ки/км ²	5-15 Ки/км ²	15-40 Ки/км ²	40 и > Ки/км ²
Лесовосстановление, лесоразведение, создание лесных культур	+	+	+	+
Создание объектов постоянной лесосеменной базы, заготовка семян лесных растений	+	+	+	-
Содействие естественному возобновлению леса	+	+	+	-
Создание постоянных лесных питомников	+	+	-	-
Охрана и защита лесов от пожаров	+	+	+	+
Защита лесов от вредителей и болезней	+	+	+	+
Рубки леса				
Рубки главного пользования	+	+	+	-
Рубки промежуточного пользования	+	+	+	-
Прочие рубки	+	+	+	+
Второстепенные лесные ресурсы				
Заготовка живицы и еловой серки	+	+	+	-
Заготовка новогодних деревьев хвойных пород	+	-	-	-
Заготовка луба липы, ивовой и еловой коры	+	-	-	-
Заготовка пней и корней на топливо, заготовка веток деревьев для переработки на хвойно-витаминную муку, веточного корма, бересты	-	-	-	-
Заготовка древесных соков, размещение ульев и пасек	+	+	-	-
Сенокошение и пастьба скота	+	-	-	-

Мероприятия	Зона			
	I	II	III	IV
	1-5 Ки/км ²	5-15 Ки/км ²	15-40 Ки/км ²	40 и > Ки/км ²
Сбор слабо- и средне накапливающих ¹³⁷ Cs грибов (опенок осенний, гриб-зонтик, дождевик, шампиньон, лисичка настоящая, белый гриб, подосиновик, подберезовик, рядовка)	До 2 Ки/км ²	-	-	-
Сбор дикорастущих ягод, плодов, орехов, растений и их частей, используемых в качестве лекарственного сырья	До 2 Ки/км ²	-	-	-
Сбор сильно накапливающих ¹³⁷ Cs грибов (горькушка, польский гриб, масленок, груздь настоящий и черный, колпак кольчатый, скрипица, волнушка розовая, зеленка, сыроежка, решетник)	-	-	-	-

Соблюдение регламентации лесохозяйственных мероприятий в зонах радиоактивного загрязнения обеспечивается предоставлением оперативной информации о показателях радиационной обстановки в структурные подразделения государственных лесохозяйственных учреждений (лесхозов) для принятия решений о проведении работ, оформления соответствующих документов.

Реализация лесной продукции, произведенной на территории радиоактивного загрязнения, осуществляется при условии обязательного контроля ее радиоактивного загрязнения и наличия документа, подтверждающего соответствие содержания радионуклидов в такой продукции республиканским допустимым уровням. Контроль радиоактивного загрязнения лесного фонда, лесной продукции обеспечивается в соответствии с Правилами контроля радиоактивного загрязнения в системе Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, Положением о контроле радиоактивного загрязнения (Правила ..., 2017) и Положением о контроле радиоактивного загрязнения, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 20 февраля 2020 г. № 102) (Положение ..., 2020).

Опыт ведения лесного хозяйства на территориях, загрязненных радионуклидами, показал, что в лесах независимо от уровней загрязнения, не может

полностью прекращаться лесохозяйственная деятельность. В зонах отселения необходимо постоянно проводить комплекс противопожарных профилактических мероприятий, в том числе лесоводственными методами, и осуществлять охранно-режимные функции в целях предотвращения несанкционированного доступа населения и пользования лесным фондом. Это обусловлено высокой пожарной опасностью в сосновых лесах, пораженных корневой губкой, накоплением большого количества горючих материалов на заросших сорняками полях, выведенных из сельскохозяйственного оборота. Кроме того, сохраняется опасность возникновения лесных пожаров от транспорта, проходящего через лесные массивы зон отселения. Прекращение хозяйственной деятельности в лесах с плотностью загрязнения 15-40 Ки/км² также нецелесообразно с учетом социально-экономических и лесоводственных факторов (Правила ..., 2016).

Устойчивое управление лесами в зонах радиоактивного загрязнения сопровождается комплексом эффективных защитных мер, которые базируются на основных принципах обеспечения радиационной безопасности: нормирования, обоснования и оптимизации.

Защитные меры в лесном хозяйстве по характеру и эффективности подразделяются на организационно-технические, технологические, ограничительные, информационные, социально-экономические, предупредительные.

Организационно-технические контрмеры включают систему радиационного контроля, систему сертификации лесных ресурсов по радиационному признаку, гигиенические нормативы на лесную продукцию и нормирование труда, носят обязательный долговременный характер и требуют значительных дополнительных затрат.

Технологические контрмеры объединяют большой перечень долговременных мероприятий в лесном хозяйстве, к которым относятся: проведение работ по специальным технологическим регламентам или специальным про-

ектам, механизация и автоматизация производственных процессов, обеспечение радиационной безопасности работающих, меры по охране лесов от пожаров и другие.

Ограничительные контрмеры вводятся на разных стадиях радиационной аварии и носят как краткосрочный, так и долговременный характер. К ним относятся: регламентация ведения лесного хозяйства по зонам радиоактивного загрязнения, ограничение доступа населения в загрязненные лесные массивы, ограничение времени работы и другие.

Информационные контрмеры включают научные исследования, подготовку и повышение квалификации специалистов лесного хозяйства, постоянное информирование работников леса и населения о радиационной обстановке в лесном фонде. Эти контрмеры должны сопровождать ведение лесного хозяйства на всех стадиях радиационной аварии.

Наибольшие жесткие ограничения на территориях радиоактивного загрязнения лесного фонда введены при осуществлении побочного лесопользования – заготовке дикорастущих ягод, грибов, лекарственных растений.

В зонах радиоактивного загрязнения сбор грибов, отнесенных к группе слабо- и средне накапливающих ^{137}Cs (опенок осенний, гриб-зонтик, дождевик, шампиньон, лисичка настоящая, белый гриб, подосиновик, подберезовик, рядовка), разрешается собирать в лесных кварталах с плотностью загрязнения до 74 кБк/м^2 (до 2 Ки/км^2); отнесенных к группе сильно накапливающих ^{137}Cs (горькушка, польский гриб, масленок, груздь настоящий и черный, колпак кольчатый, скрипица, волнушка розовая, зеленка, сыроежка, решетник) разрешается собирать в лесных кварталах с плотностью загрязнения до 37 кБк/м^2 (до 1 Ки/км^2). Сбор дикорастущих ягод, плодов, орехов, растений и их частей, используемых в качестве лекарственного сырья, допускается в лесных кварталах с плотностью загрязнения до 74 кБк/м^2 (до 2 Ки/км^2) (Правила ..., 2016).

Радиационный контроль лесной продукции – древесины (деловой древесины и дров), грибов, ягод, березового сока, меда, а также мяса диких охотничьих животных осуществляется на территориях радиоактивного загрязнения лесного фонда с целью подтверждения соответствия содержания радионуклида ^{137}Cs допустимым (референтным) уровням. Радиационный контроль древесины по породам и категориям технической годности проводится в ходе радиационного обследования лесосек на стадии заготовки и реализации.

По результатам радиационного контроля лесной продукции ежегодно устанавливают превышение допустимых уровней содержания радионуклида ^{137}Cs в деловой древесине до 2,0%, пищевой продукции леса до 40%. В течение периода наблюдений наибольшая доля проб с превышением отмечается в грибах, дикорастущих ягодах, лекарственном сырье (Рис. 3.27).

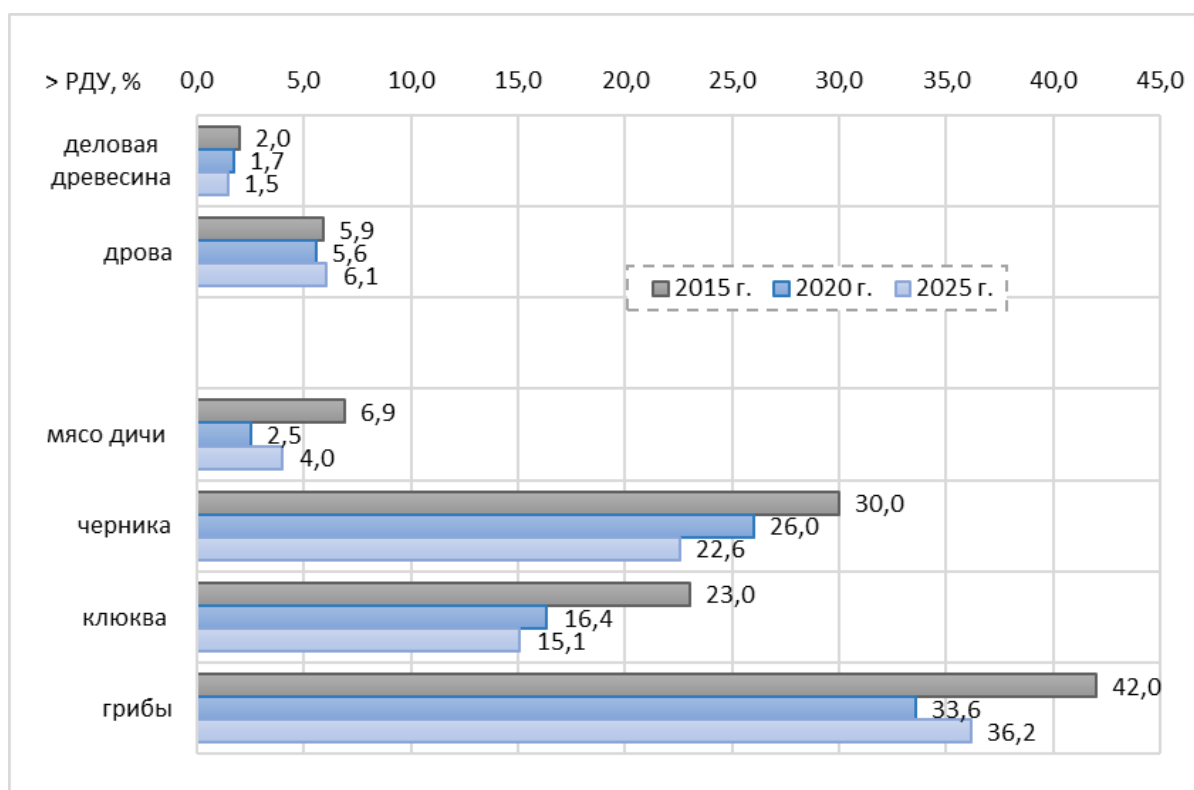


Рисунок 3.27 — Лесная продукция с превышением допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs (Опыт ..., 2025)

Основная часть (87% в 2025 г.) древесины с превышением норматива 740 Бк/кг – это древесина дровяной категории на территориях лесного фонда с плотностью загрязнения более 5 Ки/км². Со временем уменьшается количество контролируемых проб с превышением допустимых уровней (1020 проб в 2020 г. и 560 – в 2025 г.), содержание ¹³⁷Cs в древесине. Уменьшение поступления ¹³⁷Cs в растительность объясняется его стабильным и связанным состоянием в почве, уменьшением растворимости и, как следствие, доступности (менее 3-4 %) в питательной цепочке: почва – растение.

В настоящее время на загрязненных территориях лесного фонда содержание ¹³⁷Cs в древесине не превышает 100 Бк/кг, при средних значениях менее 40 Бк/кг. В лесхозах Гомельского государственного производственного лесохозяйственного объединения (ГПЛХО) древесина с содержанием ¹³⁷Cs менее 300 Бк/кг составляет 55,9% от всех измеренных в 2025 г., Могилевского ГПЛХО – 89,6%, Брестского ГПЛХО – 93,4% (Рис. 3.28).

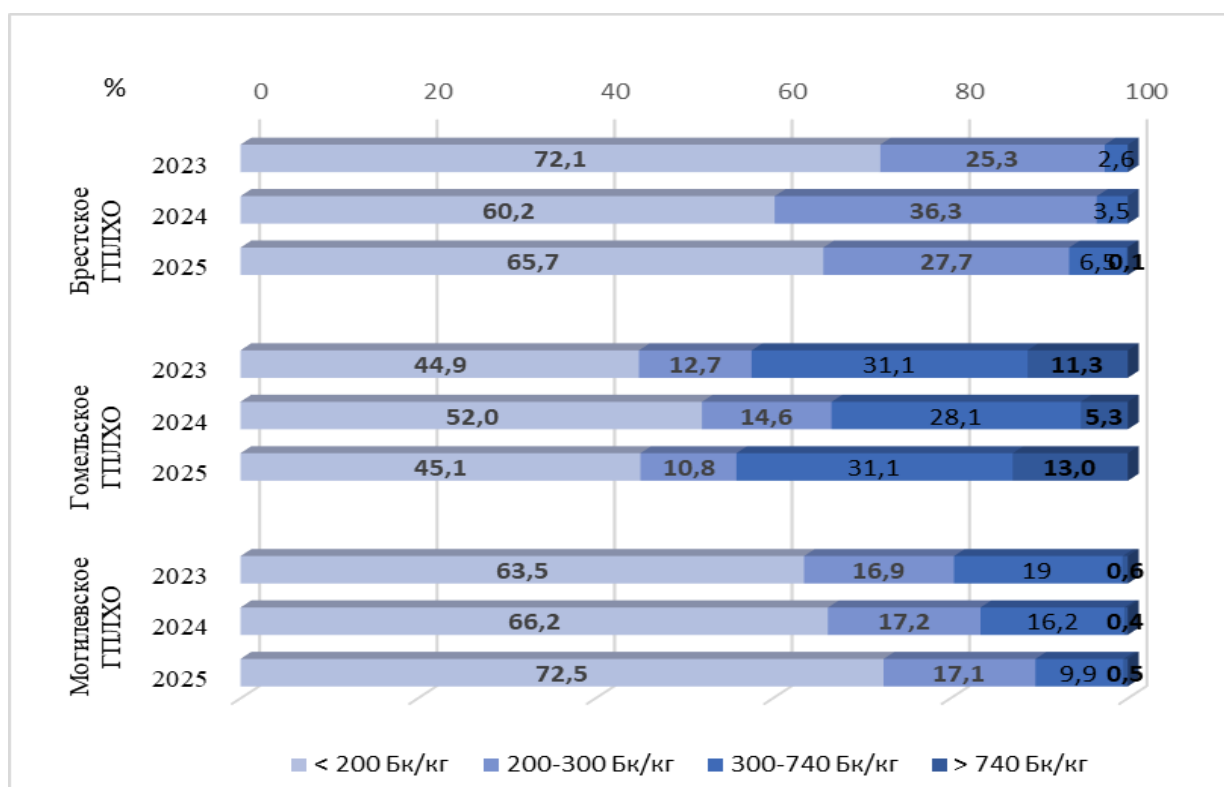


Рисунок 3.28 — Древесина. Доля проб с различным содержанием ¹³⁷Cs (Опыт ..., 2025)

Уменьшение плотности загрязнения и площади загрязненных радионуклидами лесов, а также накопленный объем информации – адресные данные (в пределах лесного квартала, таксационного выдела) об уровнях содержания ^{137}Cs в древесине и возможности их обработки, в том числе получение прогнозов, обеспечили оптимизацию методов радиационного обследования лесосек. С 2021 по 2025 год объем радиационного контроля древесины уменьшился на 40,5%, в первую очередь, за счет уменьшения радиационного обследования лесосек на территориях в I зоне (1-5 Ки/км²).

В продукции побочного лесопользования наибольшая доля проб с превышением допустимых (референтных) уровней содержания ^{137}Cs сохраняется в дикорастущих ягодах и грибах. По прошествии почти 40 лет после чернобыльской аварии в этих видах лесной продукции превышение отмечается более чем у 20% собранных ягод и 35% грибов (Рис. 3.29).



Рисунок 3.29 — Динамика превышения допустимых уровней содержания ^{137}Cs в грибах и дикорастущих ягодах (Опыт ..., 2025)

Законодательно сбор (заготовка) ягод и грибов разрешен на территориях с плотностью загрязнения до 5 Ки/км², Правилами ведения лесного хозяйства

введены ограничения – до 2 Ки/км² и определен перечень грибов с наименьшей интенсивностью перехода ¹³⁷Cs из почвы в плодовые тела, рекомендованных к сбору на загрязненных территориях. Эти ограничения позволяют минимизировать возможность сбора продукции, превышающей допустимое содержание ¹³⁷Cs в ягодах и грибах.

Таким образом, многолетний опыт ведения лесного хозяйства на территориях радиоактивного загрязнения лесного фонда показал целесообразность и оправданность введенных защитных мер, сбалансировано учитывающих радиационные и лесоводственные факторы – необходимость обеспечения радиационной безопасности и непрерывный характер ведения. В результате было обеспечено проведение необходимых лесохозяйственных мероприятий, направленных на охрану и защиту лесов, лесовосстановление и лесоразведение.

В рамках государственных программ по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС выделялось финансирование на выполнение дополнительных мероприятий по:

- лесовосстановлению в зонах с плотностью загрязнения 15-40 Ки/км², облесению эрозионно-опасных земель, переданных в лесной фонд, не перспективных для ведения сельского хозяйства;
- охране лесов от пожаров – установка шлагбаумов, расширение минерализованных полос, строительство водоемов и подъездных путей для забора воды, создание противопожарных разрывов;
- обеспечению подразделений радиационного контроля – поверка и ремонт приборов, аккредитация ПРК, приобретение транспорта для областных лабораторий и постов лесхозов;
- информированию о радиационной обстановке – установка информационных стендов, плакатов, предупреждающих знаков, издание специальной литературы.

Ограничения в проведении работ в зонах с высокой плотностью загрязнения и мощностью дозы позволили избежать получения доз облучения работников, превышающих установленные пределы. По мере уменьшения уровней радиоактивного загрязнения были расширены возможности лесопользования, получения нормативно чистой лесной продукции. К настоящему времени объем накопленной информации о показателях радиационной обстановки, детализированной до лесного квартала, в некоторых случаях, таксационного выдела, позволяет с достаточной достоверностью прогнозировать возможность заготовки лесной продукции с содержанием радионуклидов, не превышающим республиканские допустимые уровни. Использование информационных технологий обеспечило оперативность предоставления необходимых сведений о всех контролируемых показателях радиационной обстановки в лесах.

На территории лесного фонда в настоящее время остается часть территории с плотностью загрязнения более 20 Ки/км² и мощностью дозы (более 0,70 мкЗв/ч), на которой сохраняются ограничения при осуществлении работ. Для этих территорий необходимо осуществлять все необходимые мероприятия по соблюдению норм и правил по обеспечению радиационной безопасности.

На загрязненных территориях необходимо сохранить ограничения в сборе и заготовке дикорастущих ягод, грибов, а также растений для использования в качестве лекарственного сырья.

Следует продолжить информирование работников леса и населения о радиационной обстановке в лесах, проводить подготовку и повышение квалификации специалистов лесного хозяйства, радиационного контроля.

3.3 Уроки Чернобыля для сельского хозяйства

Сельское хозяйство является одним из наиболее уязвимых секторов экономики, т.к. масштабные и долговременные последствия аварии оказывают воздействие не только на обеспечение населения продовольствием, но и на

развитие производства, инвестиционную привлекательность регионов, социально-демографические процессы на пострадавших территориях.

В любой период аварийной ситуации первым этапом работ по обеспечению радиационной безопасности должна быть оценка радиационной обстановки, которая определяет систему необходимых защитных и реабилитационных мероприятий в АПК. Крупномасштабное картирование радиоактивного загрязнения имеет исключительно важное значение для оценки последствий и определения основных областей, требующих восстановления.

В любой период аварийной ситуации первым этапом работ по обеспечению радиационной безопасности должны быть не только оценка, но и прогноз радиационной обстановки, который должен определить систему необходимых мер по реабилитации в АПК.

Радиационный контроль пищевых продуктов позволяет минимизировать дозы внутреннего облучения и снизить потери продукции АПК. В рамках стратегии по восстановлению необходимо предусматривать строгое тестирование и контроль пищевых продуктов для предотвращения и минимизации доз при потреблении продуктов питания, а также предусмотреть варианты переработки продукции АПК, содержащей радионуклиды в количествах, превышающих допустимые уровни.

Оценка радиологической ситуации и принятие решений по внедрению защитных мероприятий в различные послеаварийные периоды должны основываться на дозовых критериях и сопоставлении прогнозируемых дозовых нагрузок с этими критериями. Для оперативного управления и радиационного контроля в АПК должны быть разработаны производные уровни — допустимые уровни содержания радионуклидов в продукции.

Разработка системы контрмер должна опираться на параметры миграции радионуклидов, определённые для условий конкретной местности. На снижение концентрации искусственных радионуклидов в пищевых продуктах значительно влияют как естественные биохимические процессы, так и защитные и

реабилитационные мероприятия. После аварии на Чернобыльской АЭС в районах с интенсивным применением сельскохозяйственных мероприятий снижение концентрации ^{137}Cs в пищевой продукции произошло значительно быстрее, чем в районах с ограниченным применением защитных мероприятий.

Своевременное применение защитных мероприятий является одним из важных факторов их эффективности.

Применение защитных мероприятий в сельском хозяйстве является ключевым фактором в сохранении социальной и психологической устойчивости населения пострадавших регионов и снижения уровня стресса людей, проживающих в загрязненных радионуклидами от аварии районах.

Государство, наука и население должны быть готовы к возможным аварийным ситуациям: заранее сформировать структуры управления, сосредоточить необходимые ресурсы (человеческие, материальные, продовольственные), обеспечить разработку новых технологий, подготовить рекомендации, иметь информационные ресурсы и системы коммуникаций.

На настоящем этапе важно не потерять накопленный опыт, проанализировать реальные результаты и учесть уроки, которые были получены на всем временном промежутке проведения пост-аварийных мероприятий.

Основной задачей в настоящее время является полное возвращение пострадавших территорий к условиям нормальной жизнедеятельности без ограничений по радиологическим критериям. Для практической реализации этого процесса необходимо решить ряд принципиально важных задач: внести изменения в национальные нормативно-правовые документы, перейти к ситуации существующего облучения и установлению референтных уровней, определить критерии нормальной жизнедеятельности.

Список литературы к разделу 3

1. 10 лет Чернобыльской катастрофы: Итоги и проблемы преодоления ее последствий в России : Российский национальный доклад. — Москва, 1996. — Текст : непосредственный.
2. 20 лет после чернобыльской катастрофы: последствия в Республике Беларусь и их преодоление : национальный доклад / под редакцией В. Е. Шевчука, В. Л. Гурачевского. — Минск : Комитет по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС при Совете Министров Республики Беларусь, 2006. — 112 с. — Текст : непосредственный.
3. 20 лет Чернобыльской катастрофы: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2006 : Российский национальный доклад / под редакцией С. К. Шойгу, Л. А. Большова. — Москва, 2006. — 92 с. — Текст : непосредственный.
4. 25 лет Чернобыльской аварии: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2011 : Российский национальный доклад / под редакцией С. К. Шойгу, Л. А. Большова. — Москва, 2011. — 160 с. — Текст : непосредственный.
5. 30 лет Чернобыльской аварии: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2016 : Российский национальный доклад / под редакцией В. А. Пучкова, Л. А. Большова. — Москва, 2016. — 202 с. — Текст : непосредственный.
6. 35 лет Чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986–2021 : Российский национальный доклад. — Москва : Академ-Принт, 2021. — 104 с. — Текст : непосредственный.
7. 40 лет Чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986–2026 : Российский национальный доклад. — Москва : Академ-Принт, 2021. — 104 с. — Текст : непосредственный.
8. Алексахин, Р. М. Использование ферроцианидсодержащих препаратов в животноводстве / Р. М. Алексахин, А. Н. Ратников, А. В. Васильев [и др.] // Вестник РАСХН. — 1999. — № 1. — С. 15–17. — Текст : непосредственный.
9. Алексахин, Р. М. История лесной радиоэкологии, ее достижения и некоторые нерешенные проблемы / Р. М. Алексахин // Проблемы лесной радиоэкологии : сборник трудов Института прикладной геофизики. — Москва, 1979. — Вып. 38. — С. 6–26. — Текст : непосредственный.

10. Алексахин, Р. М. Миграция радионуклидов в лесных биогеоценозах / Р. М. Алексахин, М. А. Нарышкин. — Москва : Наука, 1977. — 144 с. — Текст : непосредственный.
11. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия-Беларусь) / под редакцией Ю. А. Израэля, И. М. Богдевича. — Москва–Минск : Фонд «Инфосфера»–НИА-Природа, 2009. — 140 с. — Текст : непосредственный.
12. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов : Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Сан-ПиН 2.3.2.1078-01. — Текст : непосредственный.
13. Гниненко, Ю. И. Новый подход к лесопатологическим исследованиям в зонах радиоактивного загрязнения / Ю. И. Гниненко, В. В. Калнин, В. А. Кучук [и др.] // Успехи современного естествознания. — 2019. — № 9. — С. 7–12. — DOI 10.17513/use.37189. — Текст : непосредственный.
14. Инструкция о порядке известкования кислых почв сельскохозяйственных земель : утверждена постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь 18 января 2019 г. № 5 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — 21.02.2019. — 8/33876. — Текст : электронный. — URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=W21933876> (дата обращения: 30.01.2026).
15. Карабань, Р. Т. Влияние ионизирующего излучения на лесные биогеоценозы / Р. Т. Карабань, Б. С. Пристер, Р. М. Алексахин [и др.] // Лесоведение. — 1977. — № 1. — С. 27–35. — Текст : непосредственный.
16. Карпов, А. Д. Анализ распределения Cs-137 в стволе сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), растущей в зоне радиоактивных выпадений в результате аварии на ЧАЭС / А. Д. Карпов, И. Ю. Горбунов, А. И. Радин // Радиационная биология. Радиоз экология. — 2025. — Т. 65, № 3. — С. 317–326. — DOI 10.31857/S0869803125030069. — Текст : непосредственный.
17. Кищенко, И. Т. Лесоведение и лесная экология : учебник для вузов. — Москва : Юрайт, 2025. — 392 с. — Текст : непосредственный.
18. Козубов, Г. М. Радиобиологические исследования хвойных пород в зоне чернобыльской катастрофы (1986–2001) / Г. М. Козубов, А. И. Таскаев. — Москва : ППЦ : Дизайн. Информация. Картография, 2002. — 364 с. — Текст : непосредственный.

19. Краснов, В. П. Прикладная радиоэкология леса. — Житомир : Полесье, 2007. — 680 с. — Текст : непосредственный.
20. Криволуцкий, Д. А. Влияние ионизирующего излучения на биогеоценозы / Д. А. Криволуцкий, Ф. А. Тихомиров, Е. А. Федоров [и др.]. — Москва : Наука, 1988. — 240 с. — Текст : непосредственный.
21. Лес. Человек. Чернобыль. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации / под общей редакцией В. А. Ипатьева. — Гомель : Институт леса НАН Беларуси, 1999. — 454 с. — Текст : непосредственный.
22. Марадудин, И. И. Лесное хозяйство России в зонах радиационных катастроф / И. И. Марадудин, С. А. Родин, Т. А. Марченко [и др.] // Использование и охрана природных ресурсов в России. — Москва : НИИ-Природа, 2004. — № 3. — С. 57–62. — Текст : непосредственный.
23. Марченко, Т. А. Оценка мощности амбиентного эквивалента дозы на лесных участках в юго-западных районах Брянской области / Т. А. Марченко, А. И. Радин, А. Н. Раздайковин // Радиация и риск. — 2023. — Т. 32, № 4. — С. 67–78. — Текст : непосредственный.
24. Мелехов, И. С. Лесоведение. — Москва : Лесная промышленность, 1980. — 408 с. — Текст : непосредственный.
25. Национальная Стратегия сохранения биоразнообразия России. — Москва, 2001. — 76 с. — Текст : непосредственный.
26. О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС : Закон Республики Беларусь от 12 ноября 1991 г. № 1227-XII (с изм. и доп. по состоянию на 1 янв. 2014 г.). — Текст : непосредственный.
27. О режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС : постановление Правительства РФ от 25 декабря 1992 г. № 1008 // Собрание актов Президента и Правительства Российской Федерации. — 1993. — № 2. — Ст. 110. — Текст : непосредственный.
28. Опыт и результаты деятельности Республики Беларусь по радиационной защите населения и реабилитации территорий радиоактивного загрязнения вследствие аварии на Чернобыльской АЭС / Департамент по ядерной и радиационной безопасности ; под общей редакцией профессора Н. Н. Цыбулько. — Минск : ИВЦ Минфина, 2025. — 212 с. — Текст : непосредственный.
29. Оценка радиологической эффективности защитных мероприятий (контрмер), проводимых в отдаленный период после аварии на Чернобыльской

- АЭС : Методические рекомендации. МР 2.6.1.0010-10 / А. Н. Барковский, Г. Я. Брук, В. Ю. Голиков [и др.] ; утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты потребителей и благополучия человека Г. Г. Онищенко 24 сентября 2010 г. — Москва, 2010. — 32 с. — Текст : непосредственный.
30. Панов, А. В. Современное состояние и прогноз загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей, подвергшихся воздействию аварии на Чернобыльской АЭС / А. В. Панов, Н. И. Санжарова, О. А. Шубина [и др.] // Радиация и риск. — 2017. — Т. 26, № 3. — С. 66–74. — Текст : непосредственный.
31. Переволоцкий, А. Н. Миграция радионуклидов в лесных биогеоценозах / А. Н. Переволоцкий, Т. В. Переволоцкая // Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий / под редакцией Н. И. Санжаровой, С. В. Фесенко. — Москва : РАН, 2018. — С. 137–167. — Текст : непосредственный.
32. Положение о контроле радиоактивного загрязнения : утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 20 февраля 2020 г. № 102 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — 21.02.2020. — 5/47315. — Текст : электронный. — URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22000102> (дата обращения: 30.01.2026).
33. Правила ведения лесного хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС : утверждены постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 27 декабря 2016 г. № 86 (по согласованию с Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, Министерством здравоохранения, Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды, Управлением делами Президента Республики Беларусь, Государственной инспекцией охраны животного и растительного мира при Президенте Республики Беларусь). — Текст : непосредственный.
34. Правила контроля радиоактивного загрязнения в системе Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь : утверждены приказом Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 3 февраля 2017 г. № 36. — Текст : непосредственный.

35. Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий : монография / под редакцией Н. И. Санжаровой, С. В. Фесенко. — Москва : РАН, 2018. — 278 с. — Текст : непосредственный.
36. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси» ; составители: И. М. Богдевич [и др.]. — Минск, 2003. — 72 с. — Текст : непосредственный.
37. Рекомендации по ведению кормопроизводства и животноводства, обеспечивающие получение нормативной продукции в условиях техногенного загрязнения. — Обнинск : ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2007. — 109 с. — Текст : непосредственный.
38. Рекомендации по ведению сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территории в результате аварии на Чернобыльской АЭС на период 1991-1995 гг. — Москва, 1991. — 58 с. — Текст : непосредственный.
39. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021-2025 годы / Н. Н. Цыбулько [и др.] ; Национальная академия наук Беларуси, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Институт почвоведения и агрохимии. — Минск : ИВЦ Минфина, 2021. — 144 с. — Текст : непосредственный.
40. Романович, И. К. Содержание ^{137}Cs в пищевых продуктах природного происхождения по результатам современных радиационно-гигиенических обследований приграничных с Республикой Беларусь населенных пунктов Брянской области / И. К. Романович, А. Б. Базюкин, А. А. Братилова [и др.] // Радиационная гигиена. — 2025. — Т. 18, № 1. — С. 7–17. — DOI 10.21514/1998-426X-2025-18-1-7-17. — Текст : электронный.
41. Санжарова, Н. И. Пересмотр параметров миграции радионуклидов в агроэкосистемах / Н. И. Санжарова, С. В. Фесенко, О. А. Шубина [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2009. — Т. 49, № 3. — С. 268–276. — Текст : непосредственный.
42. Сборник нормативных и методических документов, регламентирующих ведение сельского хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС : в 3 томах / под редакцией Н. И. Санжаровой. — Обнинск : Социальные науки, 2006. — Т. 1. — 467 с. ; Т. 2. — 381 с. ; Т. 3. — 384 с. — Текст : непосредственный.

43. Сборник нормативных и методических документов, регламентирующих ведение сельского хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС : в 3 томах. — Обнинск, 2006. — Текст : непосредственный.
44. Сельское хозяйство, ионизирующие излучения и охрана окружающей среды. К 30-летию Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии (ВНИИСХРАЭ) / под редакцией Р. М. Алексахина. — Москва : ЦИНАО, 2002. — 294 с. — Текст : непосредственный.
45. Сельскохозяйственная радиоэкология / под редакцией Р. М. Алексахина, Н. А. Корнеева. — Москва : Экология, 1992. — 400 с. — Текст : непосредственный.
46. Сироткин, А. Н. Радиоэкология сельскохозяйственных животных / А. Н. Сироткин, Р. Г. Ильязов. — Казань : Фэн, 2000. — 381 с. — Текст : непосредственный.
47. Смирнов, И. И. Охрана биосферы и лесная растительность. — Москва : Лесная промышленность, 1977. — 80 с. — Текст : непосредственный.
48. Чемякина, С.-Д. Н. Влияние леса на биосферу и рекреационное использование лесных насаждений : обзор. — Москва : ВНИИТЭИСХ, 1978. — 42 с. — Текст : непосредственный.
49. Четверть века после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления : национальный доклад Республики Беларусь / Департамент по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. — Минск, 2011. — 90 с. — Текст : непосредственный.
50. Щеглов, А. И. Роль лесных подстилок в миграции элементов-техногенных загрязнителей / А. И. Щеглов [и др.] // Проблемы радиоэкологии и пограничных дисциплин. — Екатеринбург : Бизнес-проект, 2005. — Вып. 6. — С. 248–268. — Текст : непосредственный.
51. Alexakhin, R. M. The effects of acute irradiation on a forest biogeocenosis; experimental data, model and practical application for accidental cases / R. M. Alexakhin [et al.] // Science of the Total Environment. — 1994. — Vol. 157. — P. 357–369. — Текст : непосредственный.
52. Amiro, B. D. Fire and radioactivity in contaminated forests / B. D. Amiro, A. Dvornik // Contaminated Forests: Recent Developments in Risk Identification and Future Perspectives / edited by I. Linkov, W. R. Schell. — Dordrecht :

- Kluwer, 1999. — Vol. 58. — P. 311–324. — (NATO Science Series. 2. Environmental Security). — Текст : непосредственный.
53. Auerbach, S. I. Data on activity transfer to the forest floor / S. I. Auerbach, J. S. Olson, H. D. Waller // *Radioecological Concentration Processes*. — 1967. — P. 467–483. — Текст : непосредственный.
54. Avila, R. Conceptual overview of FORESTLAND — A model to interpret and predict temporal and spatial patterns of radioactively contaminated forest landscapes / R. Avila, L. Moberg, L. Hubbard [et al.] // *Contaminated Forests: Recent Developments in Risk Identification and Future Perspectives* / edited by I. Linkov, W. R. Schell. — Dordrecht : Kluwer, 1999. — Vol. 58. — P. 73–183. — (NATO Science Series. 2. Environmental Security). — Текст : непосредственный.
55. Behaviour of Radionuclides in Natural and Semi-natural Environments : Experimental Collaboration Project No. 5, Final Report / edited by M. Belli, F. Tikhomirov. — Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 1996. — (EUR-16531 EN). — 41 p. — Текст : непосредственный.
56. Bogdevitch, I. Countermeasures on natural and agricultural areas after Chernobyl accident / I. Bogdevitch, N. Sanzharova, D. Prister, S. Tarasiuk // *Role of GIS in Lifting the Cloud Off Chernobyl* / edited by J. Kolejka. — Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2002. — P. 147–158. — Текст : непосредственный.
57. Calmon, C. Transfer parameter values in temperate forest ecosystems: a review / C. Calmon, Y. Thiry, G. Zibold [et al.] // *Journal of Environmental Radioactivity*. — 2009. — Vol. 100, № 9. — P. 757–766. — Текст : непосредственный.
58. Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation: Twenty Years of Experience : Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group “Environment”. — Vienna : IAEA, 2006. — 166 p. — (STI/PUB/1239). — ISBN 92-0-114705-8. — Текст : непосредственный.
59. Fesenko, S. Radiation effects in the forest ecosystems: acute irradiation / S. Fesenko, S. Spridonov, S. Geras'kin // *Journal of Environmental Radioactivity*. — 2022. — Vol. 250. — P. 106908. — Текст : непосредственный.
60. Fesenko, S. Review of radiation effects in non-human species in areas affected by the Kyshtym accident / S. Fesenko // *Journal of Radiological Protection*. — 2019. — Vol. 39, № 1. — P. 1–17. — Текст : непосредственный.
61. Fesenko, S. V. ¹³⁷Cs availability for soil to understory transfer in different types of forest ecosystems / S. V. Fesenko, N. V. Soukhova, N. I. Sanzharova [et al.]

- // Science of the Total Environment. — 2001. — Vol. 269, № 1–3. — P. 87–103. — Текст : непосредственный.
62. Fesenko, S. V. Analysis of the contribution of forest pathways to the radiation exposure of different population groups in the Bryansk region of Russia / S. V. Fesenko, S. I. Spiridonov, N. I. Sanzharova [et al.] // Radiation and Environmental Biophysics. — 2000. — Vol. 39, № 4. — P. 291–300. — Текст : непосредственный.
63. Fesenko, S. V. Identification of processes governing long-term accumulation of ^{137}Cs by forest trees following the Chernobyl accident / S. V. Fesenko, N. Soukhova, N. Sanzharova [et al.] // Radiation and Environmental Biophysics. — 2001. — Vol. 40. — P. 105–113. — Текст : непосредственный.
64. International Atomic Energy Agency. Assessing Radiation Doses to the Public from Radionuclides in Timber and Wood Products. — Vienna : IAEA, 2003. — (IAEA-TECDOC-1376). — 250 p. — Текст : непосредственный.
65. International Atomic Energy Agency. Modelling the Migration and Accumulation of Radionuclides in Forest Ecosystems. — Vienna : IAEA, 2002. — (IAEA-BIOMASS-1). — 36 p. — Текст : непосредственный.
66. Jacob, P. Remediation strategies for rural territories contaminated by the Chernobyl accident / P. Jacob, S. Fesenko, S. K. Firsakova [et al.] // Journal of Environmental Radioactivity. — 2001. — Vol. 56. — P. 51–76. — Текст : непосредственный.
67. Ould-Dada, Z. Resuspension of small particles from tree surfaces / Z. Ould-Dada, N. M. Baghini // Atmospheric Environment. — 2001. — Vol. 35. — P. 3799–3809. — Текст : непосредственный.
68. Panfilov, A. Countermeasures for radioactively contaminated forests in the Russian Federation / A. Panfilov // Contaminated Forests: Recent Developments in Risk Identification and Future Perspectives / edited by I. Linkov, W. R. Schell. — Dordrecht : Kluwer, 1999. — Vol. 58. — P. 271–279. — (NATO Science Series. 2. Environmental Security). — Текст : непосредственный.
69. Platt, R. B. Radiation effects on plant populations and communities: research status and potential / R. B. Platt // Health Physics. — 1965. — Vol. 11, № 12. — P. 1601. — Текст : непосредственный.
70. Ravila, A. Radioactive elements in the forest industry / A. Ravila, E. Holm // Science of the Total Environment. — 1994. — Vol. 32. — P. 339–356. — Текст : непосредственный.
71. Ruhm, W. The $^{137}\text{Cs}/^{134}\text{Cs}$ ratio in fungi as an indicator of the major mycelium location in forest soil / W. Ruhm, L. Kammerer, L. Hiersche, E. Wirth // Journal

- of Environmental Radioactivity. — 1997. — Vol. 35. — P. 129–148. — Текст : непосредственный.
72. Shaw, G. Modelling the behaviour of radiocaesium in forest ecosystems / G. Shaw, R. Avila, S. Fesenko [et al.] // Modelling Radioactivity in the Environment / edited by E. M. Scott. — Amsterdam : Elsevier, 2002. — С. [указать страницы]. — P. 36-50 — Текст : непосредственный.
73. Shaw, G. Radionuclide migration in forest ecosystems — Results of a model validation study / G. Shaw [et al.] // Journal of Environmental Radioactivity. — 2005. — Vol. 84. — P. 285–296. — Текст : непосредственный.
74. Shcheglov, A. I. Biogeochemical Migration of Technogenic Radionuclides in Forest Ecosystems / A. I. Shcheglov, O. B. Tsvetnova, A. L. Klyashtorin. — Moscow : Nauka, 2001. — 1120 p. — Текст : непосредственный.
75. Sparrow, A. H. Radiosensitivity studies with woody plants. J. Acute gamma irradiation survival data for 28 species and predictions for 190 species / A. H. Sparrow, A. S. Rogers, S. S. Schwemmer // Radiation Botany. — 1968. — Vol. 8, № 2. — P. 149–186. — Текст : непосредственный.
76. Tikhomirov, F. A. Main investigation results on the forest radioecology in the Kyshtym and Chernobyl accident zones / F. A. Tikhomirov, A. I. Shcheglov // Science of the Total Environment. — 1994. — Vol. 157. — P. 45–57. — Текст : непосредственный.

4. Экономические, медицинские и социально-психологические последствия аварии

4.1 Преодоление социально-экономических последствий на загрязненных территориях

Величина экономического ущерба от аварии на Чернобыльской АЭС по мнению экспертов исчисляется сотнями миллиардов долларов (Отчет ..., 2005), однако её точное значение до сих пор не определено, поэтому в различных источниках приводятся различные цифры экономического ущерба от данного события, которые различаются в три – четыре раза.

Данное обстоятельство обусловлено рядом объективных причин:

- во-первых, отсутствием единого методического аппарата для подсчета ущерба крупномасштабных аварий, различные авторы используют разный методический подход;
- во-вторых, отсутствием четкого понимания долгосрочных последствий Чернобыльской аварии, с точки зрения подсчета её косвенного ущерба, и его выделения в общей структуре вложений в социально-экономическое развитие регионов.

По различным данным соотношение между прямым и косвенным экономическим ущербом при чрезвычайных ситуациях обычно составляет 7:3, однако в случае с крупными авариями с долгосрочными последствиями это соотношение может быть прямо противоположным, так как косвенный ущерб имеет долгоиграющий характер. При этом выделить финансовые средства на компенсацию ущерба от Чернобыльской аварии из средств, направляемых на социально-экономическое развитие регионов, подвергнувшихся радиоактивному загрязнению чрезвычайно сложно.

В случае с Чернобыльской аварией наиболее объективный показатель экономического ущерба — данные за период 1986-1990 годы, пока этот показатель рассчитывался в рамках единого государства.

Согласно данным Минфина СССР от 16 июля 1991 года (Отчет ..., 2005), затраты, связанные только с ликвидацией последствий аварии на ЧАЭС за 1986-1990 годы, составили 12,6 млрд руб. (в ценах 1986 г.). По разным оценкам, ущерб, связанный с выводом из эксплуатации земель и не произведенной на них продукции, за этот период составил от 22 до 94 миллиардов рублей (в ценах 1990 г.). А в книге «Чернобыльская катастрофа», которую выпустили в Украине в 1995 году, ученые Академии наук попытались подсчитать весь ущерб от аварии на ЧАЭС за данный период. По их оценкам, ущерб составил 200 млрд руб. (в ценах на 1 января 1990 г.). При пересчете на официальный курс доллара на тот момент эта цифра составила 328 млрд долларов, соответственно с учетом косвенного ущерба общий экономический ущерб от аварии за весь прошедший период может приближаться к 1 триллиону долларов.

По данным (Отчет ..., 2005) за 1986-1990 годы только на соцвыплаты, льготы, пенсии и медицинские услуги ликвидаторам было потрачено от 20 до 25 млрд долларов.

После 1991 года затраты на ликвидацию последствий Чернобыльской аварии шли уже в рамках бюджетов трех отдельных государств Российская Федерация, Республика Беларусь и Украина. Методики подсчета затрат в этих государствах отличаются друг от друга, поэтому и результаты затрат на ликвидацию последствий Чернобыльской аварии после 1991 года нельзя просто суммировать. Окончательный официально подтвержденный экономический ущерб от аварии на Чернобыльской АЭС к сегодняшнему дню отсутствует.

Мероприятия по преодолению социально-экономических последствий на загрязненных радионуклидами территориях

Авария на Чернобыльской АЭС по масштабам радиоактивного загрязнения охватила большие территории, оказав негативное воздействие практически на все сферы жизнедеятельности, включая отселение жителей из загрязненных радионуклидами населенных пунктов с прекращением деятельности

промышленных предприятий и объектов социальной сферы, исключение из общественного потребления природных ресурсов, изъятие из сельскохозяйственного оборота сельскохозяйственных земель, сокращение использования лесных, минерально-сырьевых и других ресурсов, изменение условий функционирования объектов производственного и социального назначения на загрязненных территориях.

Наряду с прямым экономическим ущербом – затраты, связанные непосредственно с ликвидацией последствий аварии, имел место значительный косвенный ущерб - расходы на переселение людей, перебазирование производств, перепрофилирование предприятий промышленности, сельского хозяйства и других отраслей, затраты по обеспечению жизнедеятельности и социальной защите населения, проживающего в условиях радиоактивного загрязнения. Большие экономические последствия аварии связаны и с решением проблем медицинского, социально-психологического и экологического характера. Согласно расчетам белорусской стороны, суммарный ущерб, нанесенный Республике Беларусь в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, составил 235 млрд долларов (Chernobyl ..., 2009; 20 лет..., 2006).

Точный суммарный ущерб в Российской Федерации не определен, однако по данным различных источников он исчисляется сотнями миллиардов долларов.

За прошедшие 40 лет после аварии на Чернобыльской АЭС в России и Беларуси проделана огромная работа по вопросам радиационной, медицинской и социальной защиты участников ликвидации последствий аварии и населения, социально-экономической реабилитации территорий, пострадавших вследствие аварии.

Основным инструментом для проведения государственной политики по преодолению последствий Чернобыльской катастрофы являются государственные программы и совместные программы Союзного государства России и Беларуси по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС

(Постановление № 637, 2001; Постановление № 523, 2011; Итоги ..., 2016). Все эти программы, в основном, направлены на улучшение медицинского обслуживания граждан, подвергшихся радиационному воздействию вследствие аварии, снижение доз облучения населения, проживающего на загрязнённых территориях, экологическую реабилитацию территорий, социальную и социально-психологическую реабилитацию населения, экономическую реабилитацию загрязнённых территорий, контроль радиационной обстановки и состояния окружающей среды на загрязнённых территориях, научное и информационно-аналитическое обеспечение работ по преодолению последствий катастрофы.

С начала 2000-х годов в основу государственной политики по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, как в России, так и в Республике Беларусь, был заложен переход от послеаварийных реабилитационных мероприятий к развитию социально-экономического потенциала пострадавших регионов (Малышев, 2006; Герасимова и др., 2001; Ежегодные доклады, 2005-2015). Приоритетными направлениями явились: газификация населённых пунктов; развитие водопроводных сетей; благоустройство населённых пунктов, включая строительство дорог; строительство жилья для льготной категории граждан и специалистов; строительство и развитие объектов здравоохранения и образования; реализация инвестиционных проектов в различных сферах реального сектора экономики в пострадавших регионах.

Программно-целевой подход в преодолении последствий Чернобыльской катастрофы позволил реализовать эффективную систему социальной защиты, медицинской помощи, санаторно-курортное лечение и оздоровление пострадавшего населения, а также обеспечить социально-экономическое развитие территорий, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Радиоактивное загрязнение оказало непосредственное влияние на экономику этих регионов, так как оно привело к необходимости вывода большого количества земель из хозяйственного оборота, ограничению хозяйственной деятельности на значительных территориях, выводу из эксплуатации целого ряда

предприятий сельского и лесного хозяйства, промышленных, транспортных и других предприятий (25 лет..., 2011; 30 лет..., 2016; 35 лет..., 2021).

В наибольшей степени негативные социально-экономические последствия аварии проявились в аграрном секторе. Прежде всего, это было связано с нарушением потребительского рынка и снижением объема рыночного товарооборота, а также оттоком специалистов и квалифицированных рабочих. При сложившейся системе санитарного контроля и отношении населения к продукции из загрязненных районов сельские жители практически не имели возможности самостоятельно реализовать свою продукцию в других регионах.

В силу различных объемов бюджетов в Российской Федерации и в Республике Беларусь, в процентном отношении по отношению к бюджету затраты на ликвидацию последствий Чернобыльской аварии в наших государствах существенно различаются. Так удельный вес расходов на выполнение мероприятий по ликвидации последствий Чернобыльской аварии в Беларуси ежегодно составлял около 3% республиканского бюджета (Chernobyl ..., 2009; 20 лет..., 2006), а в Российской Федерации этот показатель составляет чуть более 0,05% (Малышев, 2006).

Основной объем финансовых средств за период 1990–2025 гг., с учетом капитальных вложений на переселение людей на чистые территории в первые годы после аварии, направлен на социально-экономическое развитие пострадавших территорий (в Республике Беларусь 9,24 млрд долл. США, в России – 17,2 млрд долл. США) и на реализацию мероприятий по социальной защите граждан, оказание медицинской помощи, санаторно-курортное лечение и оздоровление пострадавшего населения (8,96 млрд долл. США в Республике Беларусь и 16,7 млрд долл. США в России).

Основным направлением социально-экономической реабилитации населения и территорий в Российской Федерации являлось строительство объектов социальной инфраструктуры, а также жилья для переселенцев. На эти цели рас-

ходовалось более 80% средств федерального бюджета, выделенных на реализацию программных мероприятий (Постановление № 637, 2001; Постановление № 523, 2011; Итоги ..., 2016; Герасимова и др., 2001).

Только за период 1992-2015 гг. в Российской Федерации введены в эксплуатацию жилые дома общей площадью более 1,3 млн м², общеобразовательные школы более чем на 19 тыс. ученических мест, больницы на 3953 койки, 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 другое. Однако меры по улучшению социальной инфраструктуры не помогли вернуть многих специалистов и молодых родителей с детьми. У оставшихся жителей, взрослеющие дети старались уехать в города, в том числе из-за отсутствия нормально оплачиваемой работы.

В Российской Федерации значительный объем финансовых средств направлялся в Брянскую область (Постановление № 637, 2001; Постановление № 523, 2011). В 1992–2006 годах Брянской области было выделено более 50% от общего объема средств федерального бюджета, направленных на финансирование программ за этот период. Следует отметить, что никакой другой регион России не получал в эти годы столь значительных капиталовложений на социальные нужды из федерального бюджета.

Инвестиционные Чернобыльские проекты оказывали ощутимое позитивное влияние на социальную сферу загрязненных регионов: строились новые жилые дома, объекты социального назначения, коммуникации. Вместе с тем развитие социальной инфраструктуры не приводило к автоматическому улучшению экономической ситуации и росту доходов населения, а только создавало для этого необходимые предпосылки.

Начиная с 1994 года, общий спад производства в России отразился и на финансировании программ. Ограниченные возможности федерального бюджета не позволяли проводить реабилитационные мероприятия в нужном объеме.

Если в 1993–1994 годах в целом по России снижение объемов производства составило 23%, то в Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областях оно было в 1,3–1,7 раза больше (от 30% до 41%). Вследствие этого, начиная с 1994 года, в Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областях усилилась тенденция отставания от общего уровня социально-экономического развития Российской Федерации.

Самое неблагоприятное положение в социально-экономической сфере имело место в Брянской области: уровень зарегистрированной безработицы на протяжении 1993–2000 годов в целом по области был в 1,5–1,8 раза выше, чем в Российской Федерации; среднедушевые денежные доходы населения были самыми низкими среди четырех областей и составляли около 65% от общероссийского уровня.

Вплоть до 1993 года государство обеспечивало реализацию в сельском хозяйстве масштабных защитных мероприятий, значительные капитальные вложения поддерживали положительную динамику социально-экономического развития. С резким сокращением финансирования государственных целевых программ значительно снизились объемы сельскохозяйственного производства. В первую очередь это коснулось наиболее затронутых Чернобыльской аварией юго-западных районов Брянской области.

Начиная с 2004 года, на пострадавших территориях наблюдается тенденция стабилизации социально-экономической ситуации. Это выразилось в превышении темпов роста валового регионального продукта на душу населения над общероссийским уровнем (более 20% в год по Брянской и Тульской областям против 19% в среднем по Российской Федерации). Соответственно более высокими темпами растут и среднедушевые денежные доходы населения. Намечались позитивные изменения в части повышения инвестиционной привлекательности Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей. В целом по Брянской области сельскохозяйственное производство стало рентабельным (3,4 % с учетом дотаций и компенсаций затрат из бюджета). В то же время по ряду юго-

западных районов области (Злынковский, Климовский и Красногорский) уровень убыточности сельскохозяйственных предприятий в 1995–2005 годах составлял более 20%, (за 2006-2024 годы снизился до 11,9%). К 2025 году основные социально-экономические проблемы, обусловленные чернобыльскими последствиями, локализовались в семи юго-западных районах Брянской области.

Большую роль в стабилизации сельскохозяйственного производства и решении социально-экономических проблем сыграли повышение культуры земледелия и животноводства. Внесение дополнительных количеств минеральных удобрений, известкование пахотных земель, коренное улучшение лугов и пастбищ на радиоактивно загрязненных территориях обеспечило не только снижение перехода радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию, но и способствовало экономическому росту и повышению продуктивности сельского хозяйства (25 лет..., 2011; 30 лет..., 2016; 35 лет..., 2021).

4.2 Медицинские и социально-психологические аспекты последствий аварии, реабилитация пострадавших

Медицинские последствия аварии

Медицинские последствия аварии на Чернобыльской атомной электростанции (далее - ЧАЭС) являются предметом постоянного пристального внимания медицинской общественности всего мира, так как связанное с Чернобыльской катастрофой воздействие радиационных факторов на население не имеет аналогов ни по своему характеру, ни по масштабам. В первую очередь надо учитывать многокомпонентное и пролонгированное действие ионизирующего излучения в сочетании с разнообразными факторами социального, психологического и антропогенного происхождения.

Медицинские последствия чернобыльской аварии довольно разнообразны и сложны, их можно распределить на две группы:

- радиологические, являющиеся результатом непосредственного воздействия ионизирующего излучения;

- различные общие расстройства здоровья, обусловленные другими факторами нерадиационной природы.

Первая группа последствий обусловлена внешним и внутренним облучением (радионуклиды йода, цезия, стронция, трансураниевых элементов) (30 лет..., 2016; 35 лет..., 2021). Среди радиологических последствий выделяют детерминированные и стохастические эффекты. К группе детерминированных относятся эффекты, связанные с поглощенной дозой, количеством инкорпорированного радионуклида и эффекты со стороны иммунной, нейроэндокринной и кроветворной системы. Стохастические (вероятностные) эффекты являются следствием повреждения генетического аппарата одной клетки органа-мишени, что означает отсутствие пороговой дозы облучения в отношении ожидаемого эффекта.

Вторая группа последствий обусловлена социальными, экономическими и психологическими факторами (стресс, восприятие риска) (Румянцева и др., 2009). Среди нерадиационных последствий немаловажную роль играет целый ряд факторов. Это многолетний стресс, которому оказались подвержены население и ликвидаторы. Неблагоприятное влияние на здоровье оказывают ограничения в потреблении продуктов питания, вследствие опасения попадания в организм радионуклидов, а также более низкий уровень жизни, чем на незагрязненных территориях. Все эти факторы привели к ухудшению состояния здоровья населения и лиц, принимавших в 1986-1990 гг. участие в работах по ликвидации последствий чернобыльской катастрофы (ликвидаторы).

Регистрация пострадавших в результате аварии на ЧАЭС

Для осуществления мониторинга за состоянием здоровья пострадавшего населения (для сбора и анализа медико-дозиметрической информации об участниках противоаварийных работ и жителях наиболее загрязненных территорий) по решению Правительства СССР в июне 1986 г. на базе вычислительного центра НИИ Медицинской радиологии АМН СССР (НИИМР АМН СССР,

г. Обнинск) был создан «Всесоюзный распределённый регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на ЧАЭС» (ВРР) (35 лет..., 2021; Иванов и др., 2021а). Полученные данные передавались в министерства здравоохранения Белоруссии, России и Украины.

Основной задачей регистра в тот период являлось обеспечение долговременного автоматизированного персонального учёта лиц, подвергшихся радиационному воздействию в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, их детей и последующих поколений, оценки состояния здоровья и его изменений.

В создание ВРР были вовлечены все республики бывшего Советского Союза, большое число научных и практических учреждений. При создании организационной структуры и технологии функционирования ВРР в первую очередь был учтён опыт японского регистра, в котором зарегистрированы лица, пережившие атомные бомбардировки городов Хиросима и Нагасаки.

По данным Регистра всего в ликвидации последствий аварии в период 1986-1990 гг. принимали участие 858 646 человек, из них в 1986/87 годах - 292 44 человека и в 1988/89 - 566 402 человек. В том числе в России было зарегистрировано около 200 тыс. ликвидаторов (в 1986/87 годах - 160 и 40 тыс. человек в 1988/89 годах) (Иванов и др., 2021а).

Авария на ЧАЭС и ликвидация ее последствий явились ситуацией, после которой был принят закон, определивший ущерб здоровью и социальные компенсации в случае признания связи болезни с факторами аварии. Подобный прецедент был создан в нашей стране впервые.

Закон Российской Федерации от 15.05.1991 г. № 1244-1 «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» определил 12 категорий пострадавшего населения:

1. граждане, получившие или перенесшие лучевую болезнь и другие заболевания, связанные с радиационным воздействием вследствие чернобыльской катастрофы или с работами по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС;

2. инвалиды вследствие чернобыльской катастрофы;
3. граждане, принимавшие в 1986-1987 гг. участие в работах по ликвидации последствий чернобыльской катастрофы;
4. граждане, принимавшие в 1988-1990 гг. участие в работах по ликвидации последствий чернобыльской катастрофы;
5. граждане, занятые на работах в зоне отчуждения;
6. граждане, эвакуированные (в том числе выехавшие добровольно) в г. из зоны отчуждения или переселённые (переселяемые), в том числе выехавшие добровольно, из зоны отселения в 1986 г. и в последующие годы;
7. граждане, постоянно проживающие (работающие) на территории зоны проживания с правом на отселение;
8. граждане, постоянно проживающие (работающие) в зоне отселения до их переселения в другие районы;
9. граждане, занятые на работах в зоне отселения (не проживающие в этой зоне);
10. граждане, выехавшие добровольно на новое место жительства из зоны проживания с правом на отселение в 1986 г. и в последующие годы;
11. военнослужащие, проходящие (проходившие) службу в зоне отчуждения, зоне отселения, зоне проживания с правом на отселение и зоне проживания с льготным социально-экономическим статусом;
12. потомки (в первом, втором и третьем поколении) граждан, указанных выше в пп. 1-4.

Примененные в законе 1991 года критерии увеличили численность пострадавшего населения Белоруссии, России и Украины до почти 7 млн. человек. При этом 90% территорий, впервые получивших статус загрязненных, относились к зоне льготного социально-экономического статуса ($1-5 \text{ Ки/км}^2$), где дополнительные чернобыльские дозы были сопоставимы с дозами облучения природного фона (Арутюнян и др., 2018).

После распада СССР на базе ВРР был создан Российский государственный медико-дозиметрический регистр (РГМДР). Разработанные в тот период нормативные документы по ведению регистра определили формы (протоколы) сбора медико-дозиметрических данных и регламент передачи информации из медицинских организаций, осуществляющих медицинское наблюдение за облучёнными гражданами, на районный, областной, региональный и федеральный уровни РГМДР.

В 1993 г. во исполнение Постановления Совета министров – Правительства Российской Федерации от 22 сентября 1993 г. № 948 «О государственной регистрации лиц, пострадавших от радиационного воздействия и подвергшихся радиационному облучению в результате чернобыльской и других радиационных катастроф и инцидентов» на базе РГМДР был создан Национальный радиационно-эпидемиологический регистр (НРЭР), который должен был в рамках единой системы радиационно-эпидемиологической регистрации осуществлять мониторинг состояния здоровья всех категорий облучённых граждан, в том числе были созданы медико-дозиметрические регистры лиц, подвергшихся радиационному воздействию вследствие:

- а) аварии на ПО «Маяк» и сбросов радиоактивных отходов в р. Теча;
- б) ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне.

Состояние здоровья граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на ЧАЭС, находится под непрерывным мониторингом со стороны Министерства здравоохранения Российской Федерации и региональных органов здравоохранения. Ежегодно сотни тысяч облучённых вследствие чернобыльской катастрофы граждан, в соответствии с приказом Минздрава России от 26 мая 2003 г. № 216 «О диспансеризации граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС», проходят специализированные медицинские обследования. Информация о результатах этих обследований поступает в Национальный радиационно-

эпидемиологический регистр (НРЭР) для регистрации всех изменений в состоянии здоровья облучённых граждан, а также для проведения комплексного радиационно-эпидемиологического анализа информации, что позволяет оценивать текущие радиационные риски и прогнозировать отдалённые радиологические последствия для населения России.

К 2015 г. в результате многолетней работы по подготовке, согласованию федеральными органами исполнительной власти и утверждению новых нормативных документов, регламентирующих деятельность НРЭР в современных условиях, была окончательно сформирована действующая в настоящее время нормативно-правовая база функционирования НРЭР.

Основным документом новой нормативно-правовой базы является Федеральный закон от 30.12.2012 г. № 329-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части обеспечения учёта изменений состояния здоровья отдельных категорий граждан, подвергшихся радиационному воздействию».

Важно отметить, что, несмотря на изменения законодательства в этой области, новые формы (протоколы) НРЭР сбора медико-дозиметрических данных не претерпели серьёзных изменений, что позволило избежать смещений и искажений в результатах радиационно-эпидемиологического анализа, использующего первичную медико-дозиметрическую информацию, накопленную в НРЭР за весь период наблюдения.

Формирование и ведение регистра осуществляются в целях использования результатов обязательного специального медицинского наблюдения (диспансеризации) за состоянием здоровья зарегистрированных в нём граждан для оказания им адресной медицинской помощи, а также прогнозирования медицинских радиологических последствий, в том числе отдалённых.

Кроме того, были созданы ведомственные подрегистры (ВР) НРЭР, их ведение осуществляют Минобороны России, МВД России, МЧС России, Федеральное медико-биологическое агентство.

Таким образом, НРЭР является территориально-распределённой информационной системой, включающей: единую федеральную базу данных (находящуюся в головной организации в системе НРЭР), региональные сегменты (в субъектах Российской Федерации) и ведомственные подрегистры. Единая федеральная база данных (ЕФБД) регистра включает информацию из всех 85-ти региональных сегментов и 4-х ведомственных подрегистров. Головной организацией в системе НРЭР является Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (в настоящее время - Медицинский радиологический научный центр имени А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск).

Ведение региональных сегментов (РС) регистра осуществляют уполномоченные органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации. Информацию о регистрируемых лицах представляют в уполномоченный орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации, на территории которого они проживают, медицинские организации, осуществляющие их медицинское обслуживание (Иванов и др., 2021а; Иванов и др., 2002).

Основные радиологические последствия аварии на ЧАЭС по данным, накопленным в ЕФБД НРЭР

На начало 2021 г. на федеральном уровне НРЭР зарегистрировано 810 758 человек, из которых к «чернобыльскому контингенту» относятся 750 629 человек, их количественное распределение приведено в таблице 4.1. На 01.01.2025 г. общее число зарегистрированных ликвидаторов – 200707 чел. Необходимо отметить, что зарегистрированное в НРЭР лицо может относиться к более чем одной категории наблюдения (Иванов и др., 2021а).

На рисунке 4.1 представлена география распределения лиц «чернобыльского контингента», зарегистрированных в региональных сегментах НРЭР.

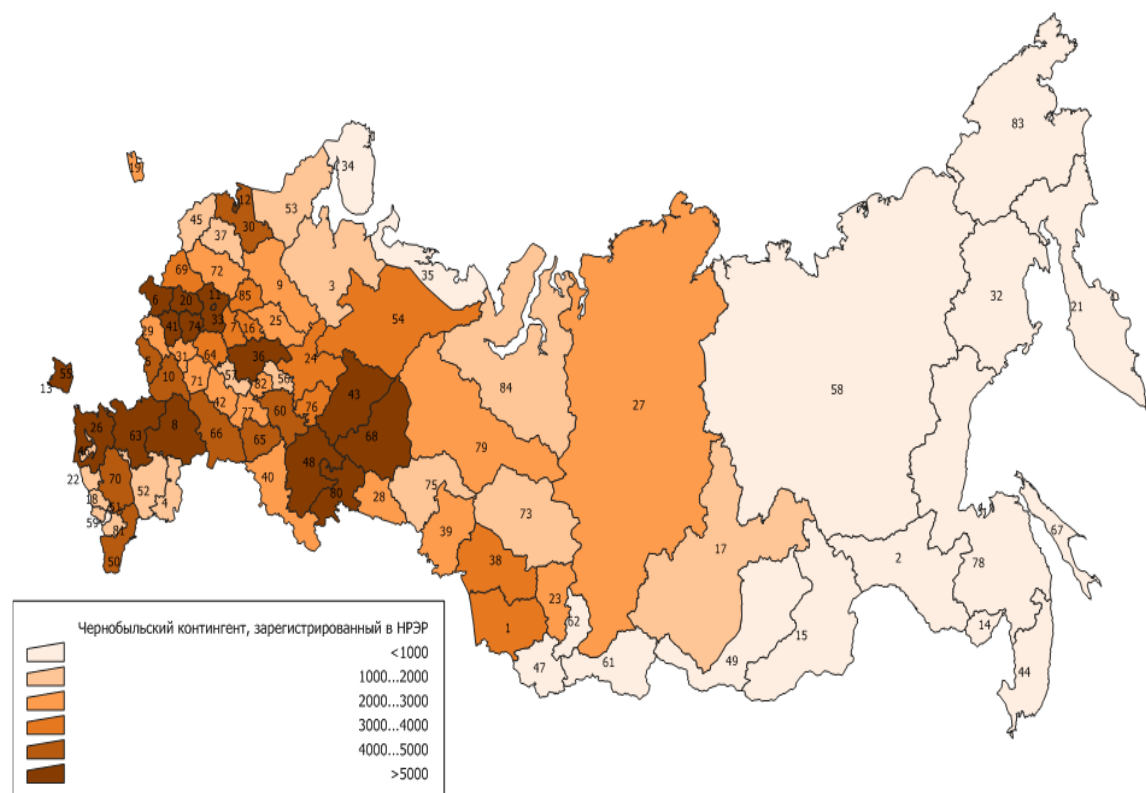
Таблица 4.1 — Распределение числа зарегистрированных в НРЭР лиц из «Чернобыльского контингента» по основным категориям наблюдения

Категории наблюдения	Число зарегистрированных	Доля от общего числа зарегистрированных, %
Ликвидаторы последствий катастрофы на ЧАЭС		
Эвакуированные и выехавшие из зон радиационного воздействия		
Проживающие (проживавшие) на загрязнённых радио-нуклидами территориях Российской Федерации с плотностью загрязнения по Cs свыше 185 кБк/м ² (5 Ки/км ²)		
Дети, рождённые от ликвидаторов		
Прочие «чернобыльские» категории		
Всего		

Участники ликвидации последствий аварии на ЧАЭС

Радиационно-эпидемиологический анализ данных, накопленных в ЕФБД НРЭР, показал, что наибольшими радиационными рисками характеризуется когорта ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС и когорта лиц из населения, бывших детьми и подростками на момент аварии и проживавших на территориях с плотностью загрязнения свыше 185 кБк/м² (5 Ки/км²) (Иванов и др., 2021а; Иванов и др., 2002; Кащеев и др., 2021).

В когорте ликвидаторов статистически значимый избыточный относительный риск заболеваемости лейкозами наблюдался только в течение первых 11 лет после чернобыльской аварии, в дальнейшем радиационный риск лейкозов не обнаруживался (Кащеев и др., 2021). Наиболее устойчивыми во времени являлись радиационные риски заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований, которые увеличивались с увеличением периода наблюдения когорты. Эти оценки (с учётом доверительных интервалов) в среднем



- | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| 1 - Алтайский край | 31 - Липецкая область | 61 - Республика Тыва (Тува) |
| 2 - Амурская область | 32 - Магаданская область | 62 - Республика Хакасия |
| 3 - Архангельская область | 33 - Московская область | 63 - Ростовская область |
| 4 - Астраханская область | 34 - Мурманская область | 64 - Рязанская область |
| 5 - Белгородская область | 35 - Ненецкий автономный округ | 65 - Самарская область |
| 6 - Брянская область | 36 - Нижегородская область | 66 - Саратовская область |
| 7 - Владимирская область | 37 - Новгородская область | 67 - Сахалинская область |
| 8 - Волгоградская область | 38 - Новосибирская область | 68 - Свердловская область |
| 9 - Вологодская область | 39 - Омская область | 69 - Смоленская область |
| 10 - Воронежская область | 40 - Оренбургская область | 70 - Ставропольский край |
| 11 - г. Москва | 41 - Орловская область | 71 - Тамбовская область |
| 12 - г. Санкт-Петербург | 42 - Пензенская область | 72 - Тверская область |
| 13 - г. Севастополь | 43 - Пермский край | 73 - Томская область |
| 14 - Еврейская автономная область | 44 - Приморский край | 74 - Тульская область |
| 15 - Забайкальский край | 45 - Псковская область | 75 - Тюменская область |
| 16 - Ивановская область | 46 - Республика Адыгея | 76 - Удмуртская Республика |
| 17 - Иркутская область | 47 - Республика Алтай | 77 - Ульяновская область |
| 18 - Кабардино-Балкарская Республика | 48 - Республика Башкортостан | 78 - Хабаровский край |
| 19 - Калининградская область | 49 - Республика Бурятия | 79 - Ханты-Мансийский автономный округ – Югра |
| 20 - Калужская область | 50 - Республика Дагестан | 80 - Челябинская область |
| 21 - Камчатский край | 51 - Республика Ингушетия | 81 - Чеченская Республика |
| 22 - Карачаево-Черкесская Республика | 52 - Республика Калмыкия | 82 - Чувашская Республика |
| 23 - Кемеровская область | 53 - Республика Карелия | 83 - Чукотский автономный округ |
| 24 - Кировская область | 54 - Республика Коми | 4 - Ямало-Ненецкий автономный округ |
| Костромская область | 55 - Республика Крым | 85 - Ярославская область |
| 26 - Краснодарский край | 56 - Республика Марий Эл | |
| 27 - Красноярский край | 57 - Республика Мордовия | |
| 28 - Курганская область | 58 - Республика Саха (Якутия) | |
| 29 - Курская область | 59 - Республика Северная Осетия-Ала- | |
| 30 - Ленинградская область | ния | |
| | 60 - Республика Татарстан | |

Рисунок 4.1 — Распределение числа лиц из «чернобыльского контингента», зарегистрированных в региональных сегментах НРЭР в субъектах Российской Федерации

согласуются с аналогичными оценками, рассчитанными для когорты ликвидаторов с помощью моделей радиационных рисков, рекомендованных Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ) (Публикация ..., 2009), однако оценки радиационных рисков рака по данным НРЭР не уменьшаются с увеличением возраста ликвидаторов, а наоборот увеличиваются, что подтверждается полученными данными (Чекин и др., 2021а). У ликвидаторов, получивших дозу облучения 0,15 Гр и более, непараметрическими методами анализа также было выявлено радиационно-обусловленное уменьшение продолжительности жизни за счёт смертности от злокачественных новообразований, порядка 0,3 года на 1 Гр (Корело и др., 2020).

В когорте ликвидаторов за 35-летний период наблюдения были выявлены радиационные риски нераковых болезней (Чекин и др., 2021б). Статистически значимые повышенные оценки радиационных рисков получены для четырёх групп болезней: болезней крови, болезней системы кровообращения, болезней органов дыхания и болезней органов пищеварения. Наибольшими коэффициентами радиационного риска характеризуются болезни крови, а также болезни системы кровообращения. Радиационные риски болезней системы кровообращения в российской когорте ликвидаторов гетерогенны по условиям облучения: они максимальны для ликвидаторов, получивших дозы облучения порядка 0,15 Гр за время облучения менее 6 недель (Чекин и др., 2021б). В структуре смертности зарегистрированных в НРЭР лиц превалирует смертность от болезней системы кровообращения (42%) и от злокачественных новообразований (18%). Избыточные радиационно-обусловленные случаи смерти в когорте ликвидаторов также связаны с этими болезнями. К 2030 г. прогнозируемая доля радиационно-обусловленных случаев смерти от болезней системы кровообращения и от злокачественных новообразований будет составлять около 3,1% от общего числа прогнозируемых случаев смерти (Рис. 4.2) (Горский и др., 2020).

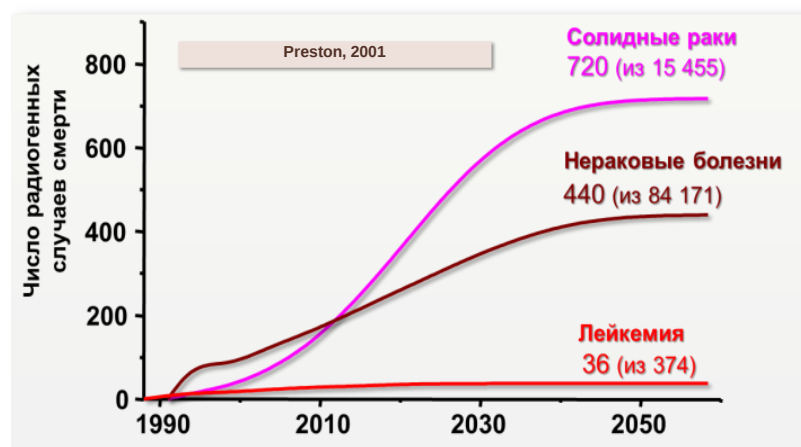


Рисунок 4.2 — Прогноз пожизненного числа радиогенных случаев смерти на 100000 ликвидаторов

С 1991 по 1998 гг. наблюдался резкий рост числа инвалидов (в среднем более 50% в год), но в последние годы темпы роста инвалидизации ликвидаторов резко сократились (в среднем не более 5% в год). Из общего числа инвалидов среди ликвидаторов, состоящих на учете в НРЭР, инвалидов первой группы — 3,0%, второй и третьей групп — 57,6% и 39,4% соответственно. В последние годы структура инвалидности оставалась достаточно стабильной, вклад заболеваний системы кровообращения составляет 48,7%, нервной системы — 27,5%, психических расстройств — 5,5%, злокачественных новообразований — 3,8%, травм и отравлений — 1,4%.

В то же время картина структуры инвалидности среди трудоспособного населения России другая: доля болезней органов кровообращения среди признанных инвалидами составила 33,3%, на втором месте были злокачественные новообразования (15,7%), а на третьем — болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (7,1%).

Реально регистрируемый рост заболеваемости среди ликвидаторов и лиц из населения Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей, помимо общей тенденции увеличения заболеваемости в России, в последние годы объясняется еще и тем, что среди этих людей проводились и в настоящее время проводятся тотальные и тщательные обследования состояния здоровья. При

этом было обнаружено множество заболеваний, которые начали развиваться еще до чернобыльской аварии, но ранее не были диагностированы в связи с недостаточной частотой и качеством медицинского обследования.

Так, среди ликвидаторов чаще регистрируются: заболевания эндокринной системы, болезни системы кровообращения, болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани, а также болезни органов пищеварения. В то же время необходимо отметить, что разница в показателях заболеваемости ликвидаторов и соответствующих контрольных показателях (по взрослому мужскому населению) ежегодно сокращается, что обусловлено в первую очередь снижающимся в последние годы охватом и глубиной проводимой диспансеризации ликвидаторов.

Радиационно-эпидемиологическое исследование заболеваемости потомков первого поколения (детей) ликвидаторов, зарегистрированных в НРЭР, показало отсутствие статистически значимых радиационных рисков заболеваемости для большинства классов и рубрик заболеваний, включая классы «Все новообразования» и «Врождённые аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения» (Кочергина и др., 2021).

В группе участников ликвидации последствий аварии установлено:

- радиационная обусловленность повышенной заболеваемости и смертности от лейкозов среди российских ликвидаторов в первые десять лет после аварии: около 50% над спонтанным уровнем;
- радиационный риск онкологической заболеваемости и смертности среди российских ликвидаторов, выраженный в 5 %-ом превышении частоты выявляемых злокачественных новообразований (ЗНО) над спонтанным уровнем в течение всего поставарийного периода (по прогнозу сохранится в последующие годы);
- радиационный риск заболеваемости и смертности от болезней системы кровообращения (БСК) среди российских ликвидаторов, выраженный в

5%-ом превышении над спонтанным уровнем смертности в течение всего поставарийного периода для ликвидаторов 1986-1987 гг. въезда в зону аварии, и 20%-ом превышении для ликвидаторов, входящих в группу повышенного радиационного риска (ГПР) с дозами облучения более 0,15 Гр, накопленными менее чем за 6 недель нахождения в зоне аварии (к данной ГПР относятся около 10% всех ликвидаторов первых двух лет въезда в зону аварии);

- показатели смертности от всех причин и от БСК среди российских ликвидаторов в течение всего поставарийного периода не превышают соответствующие показатели смертности в референтной по возрасту популяции мужского населения России.
- прогнозируется, что к 2030 году доля радиационно-обусловленных случаев смерти от БСК и от ЗНО будет составлять суммарно до 3% от общего числа случаев смерти среди российских ликвидаторов.

Население загрязненных радионуклидами территорий

После чернобыльской аварии диагностике и лечению рака щитовидной железы (РЩЖ) населения загрязнённых радионуклидами территорий уделялось особое внимание. Среди жителей Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей это привело к так называемому эффекту скрининга: значительному увеличению наблюдаемых показателей заболеваемости РЩЖ для данного населения по сравнению с показателями заболеваемости РЩЖ населения России в целом: до 11 раз – для детей и подростков (0-17 лет) на момент чернобыльской аварии.

В когорте лиц из населения, бывших детьми и подростками на момент аварии и проживавших на территориях с плотностью загрязнения свыше 185 кБк/м² (5 Ки/км²), был выявлен статистически значимый радиационный риск РЩЖ, уменьшающийся с увеличением достигнутого возраста. Среди членов когорты, бывших детьми и подростками на момент чернобыльской аварии,

20,6% случаев заболеваний РЩЖ являлись радиационно-обусловленными, а для детей до 4 лет к радиационно-обусловленным относились уже 58% случаев РЩЖ. Статистически значимый радиационный риск заболеваемости РЩЖ сохраняется более 30 лет после облучения (Иванов и др., 2021б).

Среди населения загрязнённых радионуклидами территорий пока не выявлены статистически значимые радиационные риски ЗНО, за исключением РЩЖ у детей и подростков на момент чернобыльской аварии. Однако, если придерживаться консервативных прогнозов по моделям риска МКРЗ (Публикация ..., 2009), то избыточный радиационный риск заболеваемости ЗНО среди населения следует ожидать на 1% выше спонтанной заболеваемости (Иванов и др., 2021б). Для его выявления требуется более длительное время наблюдения за состоянием здоровья населения загрязнённых территорий. В соответствии с моделями риска МКРЗ (Публикация ..., 2009), в 2020 г. критическими группами населения, имеющими максимальные накопленные дозы и максимальный радиационный риск ЗНО, являлись мужчины в возрасте 34 года и женщины в возрасте 35 лет. Для этих групп населения средние накопленные эффективные дозы составили 35,3 и 39,2 мЗв, а радиационный риск ЗНО – $2,6 \times 10^{-3}$ и $4,2 \times 10^{-3}$ для мужчин и женщин соответственно. Для 11,8% населения (8,3% мужчин и 14,8% женщин) индивидуальный радиационный риск превышает значение $3,5 \times 10^{-3}$ (Меняйло и др., 2020), соответствующее предельному приросту индивидуального риска для населения за 70 лет облучения, устанавливаемому НРБ-99/2009 (НРБ-99/2009, 2009) при нормальных условиях облучения.

В группе населения, проживающего на загрязнённых территориях установлено:

- облучение радиоактивным йодом определяет до 50% превышения над спонтанным уровнем заболеваемости раком щитовидной железы (РЩЖ) среди лиц, бывших детьми и подростками на момент аварии и прожи-

- вавших на наиболее загрязненных радионуклидами территориях с плотностью загрязнения по цезию свыше 5 Ки/км²; прогнозируется, что такое превышение сохранится и в последующие годы;
- эффект скрининга (который характеризует увеличение частоты обнаружений заболеваний вследствие повышенного внимания к диагностике и лечению) по заболеваемости РЩЖ среди жителей загрязненных территорий Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей для детей и подростков (0-17 лет) на момент аварии составляет более 5-ти, а для взрослого населения - более 2-х раз;
 - статистически значимые радиационные риски лейкозов и солидных ЗНО, включая радиационный риск рака молочной железы (РМЖ) у женщин, для населения загрязнённых радионуклидами территорий не выявлены;
 - по моделям риска МКРЗ (консервативный прогноз) избыточный радиационный риск заболеваемости ЗНО среди населения составляет около 1% над спонтанным уровнем заболеваемости ЗНО;
 - нет значимого влияния радиационного фактора на показатели заболеваемости населения загрязненных радионуклидами территорий по всем классам и рубрикам заболеваний по МКБ-10 кроме РЩЖ.

Потомки облученных

Среди детей ликвидаторов с уровнем дозы внешнего облучения их отцов не установлено статистически значимой связи частоты злокачественных новообразований и врожденных аномалий (пороков развития) (Кочергина и др.,

Среди детей, рожденных на территориях с загрязнением свыше 5 Ки/км², не выявлено статистически значимой зависимости частоты врожденных аномалий (пороков развития) от накопленной дозы облучения их родителей.

Консервативная (максимально возможная) оценка, выполненная по модели МКРЗ, возможной доли радиационно-обусловленных наследственных заболеваний потомков, рождённых от родителей, проживавших до 2000 г. на территориях с загрязнением свыше 5 Ки/км^2 составляет до 0,4% от среднероссийских показателей, а доля радиационно-обусловленных наследственных заболеваний для потомков, рожденных после 2000 г., менее 0,1%.

Важно отметить, что получаемые в ходе комплексного радиационно-эпидемиологического и статистического анализа научные данные о влиянии радиационного фактора на заболевания, относящиеся к другим классам и рубрикам МКБ-10, кроме представленных выше, выявляемые у различных контингентов облученных и их потомков, требуют продолжения масштабных и углубленных исследований в системе НРЭР для получения устойчивых статистически значимых результатов.

При этом следует отметить, что среди детей и подростков, проживающих на загрязненных территориях Брянской области, зафиксирован наибольший показатель первичной заболеваемости среди четырех наиболее загрязненных (Брянская, Калужская, Орловская и Тульская) областей России в таких классах, как злокачественные новообразования, болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ, заболевания нервной системы и другие. В структуре заболеваемости детей и подростков, проживающих в четырех наиболее загрязненных областях России, в последние годы первое место занимали болезни органов дыхания (49,0%), второе — болезни органов пищеварения (12,7%), третье — болезни кожи и подкожной клетчатки

Таким образом, среди потомков облученных ликвидаторов и населения не установлено:

- статистически значимой связи частоты злокачественных новообразований и врожденных аномалий (пороков развития) выявленных среди детей ликвидаторов с уровнем дозы внешнего облучения их отцов;

- среди детей, рожденных на территориях с загрязнением свыше 5 Ки/км², не выявлено статистически значимой зависимости частоты врожденных аномалий (пороков развития) от накопленной дозы облучения их родителей;
- консервативная (максимально возможная) оценка, выполненная по модели МКРЗ, возможной доли радиационно-обусловленных наследственных заболеваний потомков, рождённых от родителей, проживавших до 2000 г. на территориях с загрязнением свыше 5 Ки/км² составляет до 0,4% от среднероссийских показателей, а доля радиационно-обусловленных наследственных заболеваний для потомков, рожденных после 2000 г., менее 0,1%.

На основе результатов исследований с использованием данных НРЭР разработана методология формирования групп повышенного радиационного риска, которая даёт возможность выделять среди облучённых контингентов группы лиц, имеющих повышенную вероятность индукции радиогенных заболеваний. Полученные результаты имеют большое научное и практическое значение. Анализ состояния здоровья групп населения с повышенным радиационным риском позволяет органам здравоохранения федерального и регионального уровня определить приоритетные направления для оптимизации медицинских радиологических последствий облучения населения. Формирование групп радиационного риска позволяет фокусировать внимание на выявлении радиационно-обусловленных заболеваний на ранних стадиях, что повышает вероятность благоприятного для жизни исхода лечения. Используя результаты многолетних наблюдений за состоянием здоровья зарегистрированных в НРЭР облучённых граждан, созданы программы для оказания им и их потомкам адресной медицинской помощи, решаются задачи минимизации медицинских последствий, актуальность которых сохраняется не только на ближайшие годы, но и на длительную перспективу.

Социально-психологические последствия радиационных аварий и психологические особенности восприятия радиационного фактора

Медицинские проблемы радиационной аварии на ЧАЭС вызвали большой политический и социальный резонанс. Неблагоприятные последствия аварии в немалой степени оказались связаны с тем, что целостная концепция, которая отражала бы как радиационную патологию, так и социально-психологические последствия Чернобыльской аварии, оказалась неразработанной. Критерии риска аварийного облучения, принятые при определении зон радиоактивного загрязнения, не получили всеобщего признания. Серьёзно пострадал авторитет отечественных специалистов в области радиационной медицины. Возникла волна общественного недоверия к экспертным оценкам состояния здоровья пострадавших, выносимых официальными инстанциями. Последовали персональные, чаще всего ничем, кроме недоверия к отечественным специалистам или популистских настроений местных политиков, не мотивированные, обращения за помощью к зарубежным специалистам, в международные и общественные организации. Это, по мнению многих исследователей (Румянцева и др., 2009; Румянцева и др., 1998; Зыкова и др., 2001; Мельницкая, 2008), серьёзно затруднило создание системы ограничения медицинских последствий Чернобыльской аварии.

Авария на ЧАЭС повлекла за собой не только масштабные экологические последствия, но и стала причиной негативных социальных процессов, связанных с массовым переселением людей с территорий радиоактивного загрязнения, изменением сложившихся стереотипов жизни, включая условия работы, питания и прочего. Наряду с масштабными экологическими и социально-экономическими последствиями, включая смертные случаи и болезни, вызванными радиацией, последствия Чернобыльской аварии проявились и в сфере психического здоровья. Как указывает обзорный доклад ООН на Чернобыльском форуме (2003-2005) (Наследие ..., 2005), психологические последствия

стали наиболее серьезной проблемой общественного здравоохранения, вызванной аварией, и частично объясняют это разрушительное психологическое воздействие отсутствием реальной информации.

Мировой и отечественный опыт преодоления радиационных катастроф таких как загрязнение реки Теча, образование Восточно-Уральского радиоактивного следа в результате аварии на ПО «Маяк» в 1957 г., испытания ядерного оружия на Семипалатинском ядерном полигоне, аварии на Уиндскейле (Великобритания, 1957 г.), Три-Майл-Айленде (США, 1979 г.) и на ЧАЭС свидетельствует о том, что угроза радиационного заражения представляет собой острое или хроническое стрессовое воздействие, которое вызывает напряжение и тревогу и в отдаленных последствиях обуславливает системные нарушения в форме снижения качества жизни и развития широкого спектра нарушений соматического здоровья и психологического статуса.

Среди характеристик психологического стресса, связанного с воздействием радиации, наибольшее значение имеет отсутствие органолептического восприятия радиоактивности, что усиливает ощущение опасной неопределенности и формирует зависимость силы воздействия от поступающей информации, убежденность людей в безусловной патогенности радиационного воздействия, направленность радиационного воздействия в будущее (Румянцева и др., 2009; Румянцева и др., 1998; Зыкова и др., 2001). При этом слабость просветительной работы, прямое сокрытие истинных масштабов катастрофы, противоречивые и не поддающиеся проверке сведения о медицинских последствиях облучения вызывали «когнитивный диссонанс», способствовали росту напряжения и гиперболизации угрозы, вере слухам и спекулятивным сообщениям средств массовой информации. Очевидно, что именно поэтому любые успокаивающие сведения уже не имели эффекта, встречались скептически и вели лишь к поиску «неофициальных» источников, соответствовавших ожиданиям. Эти обстоятельства накладывались на переутомление и способствовали возникновению эмоционального напряжения, вегетативных дисфункций, а в

дальнейшем – развитию астенических и астено-депрессивных расстройств невротического уровня, заострению характерологических особенностей, в частности черт тревожности и мнительности.

Восприятие и оценка возможного воздействия радиационного фактора обусловлены, с одной стороны, имеющейся у населения информации о влиянии радиационного фактора на организм человека, а с другой стороны, эмоциональным переживанием страха перед радиацией и ее воздействия на жизнь и здоровье человека. Знание людей об отсроченном характере воздействия радиации приводит к постоянному психоэмоциональному напряжению, ожиданию появления симптомов, развитию ипохондрии.

Согласно мнению многих ученых (Румянцева и др., 1998; Зыкова и др., 2001; Мельницкая, 2008) психологический стресс сразу после катастрофы на ЧАЭС в 1986 г., а затем и признание на законодательном уровне миллионов граждан, проживающих на загрязненных территориях и принимавших участие в ликвидации последствий аварии, «жертвами Чернобыля» в 1991 г., привели к дистрессу.

Эмоциональный стресс и длительный характер последствий радиоактивного загрязнения территорий привели к формированию у населения особого эмоционально-психологического состояния, которое получило обозначение как «радиотревожность». В то же время неадекватно высокая радиотревожность понималась в общественной печати и в массовом сознании как «радиофобия», то есть патологическое расстройство, при котором панический страх перед опасностью радиации становится основным фактором, определяющим все повседневное поведение человека. Используемое некоторыми авторами понятие «неврозы радиационной фобии» трактовалось как посттравматическая стрессовая реакция, при которой население радиоактивно загрязненных территорий (РЗТ) объясняет проблемы со здоровьем повышенным радиационным фоном.

В соответствии с диагностическими критериями МКБ-10, посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР) определяется как отставленная реакция на событие угрожающего или катастрофического характера, которое является стрессовым для любого человека и характеризуется такими специфическими реакциями человека на стрессоры как «вторжение» и «избегание», а также гипервозбуждение.

Подобные симптомы являются составной частью психологической реакции на травматическое событие и проявляются как злость и раздражительность; гипертрофированная реакция испуга; трудности с концентрацией; психофизиологическое возбуждение, обусловленное воспоминаниями, бессонница.

Помимо перечисленных симптомов вторжения, избегания и физиологической возбудимости, в случае наличия ПТСР населению радиоактивно загрязненных территорий свойственно приписывание радиационному воздействию всех неблагоприятных жизненных ситуаций. Могут возникать ложные установки на наличие болезни, связанной с облучением, которая не поддается эффективному лечению (установка на болезнь); установка на необходимость получить от окружающих и от общества моральные и материальные компенсации (рентные установки). Возникают черты патологии личности, склонность считать других лиц и общество ответственными за личные проблемы, в том числе в семье и на работе (внешняя атрибуция ответственности). Соответственно при этом изменяются ценностные ориентации, снижаются личностные и общественно-полезные мотивации к жизни и к трудовой деятельности, снижается личностная активность – вплоть до полного безразличия (социальная апатия). Указанные психологические нарушения и временные стрессовые расстройства в свою очередь способствуют формированию у человека ряда «стресс-зависимых» соматических заболеваний (Румянцева и др., 1998; Зыкова и др., 2001).

К основным факторам, поддерживающим завышенную оценку населением опасности радиации для здоровья, относятся:

- особенности восприятия человеком радиационного воздействия, которое не дано в прямом ощущении (косвенное и информационное формирование представлений о радиации и радиационной опасности);
- отсутствие у вовлеченного населения базовых научно обоснованных знаний о радиации, о дозах облучения и о возможности защитить себя, своих близких;
- осознание человеком вероятности возникновения неблагоприятных для здоровья последствий от радиационного воздействия в течение всей его жизни.

К временным, ситуационным факторам, которые влияют на формирование радиотревожности и реализуются по-разному для каждой конкретной радиационной аварии, относятся:

- масштаб аварии (внезапное вовлечение большого числа людей – и всего населения единого социокультурного и административного сообщества деревни, поселка, города, района);
- отсутствие достаточной информации об аварии на фоне введения рекомендаций о защитных мерах и так далее;
- отсутствие достаточной компетенции и специальных знаний у лиц, принимавших решения о проведении и вводивших указанные защитные меры;
- вынужденное длительное участие населения в проведении защитных мер запретительного характера, а также растянувшегося на десятилетия переселения и т.д.

Ряд авторов (Румянцева и др., 1998; Зыкова и др., 2001; Марченко, 2005) рассматривает последствия радиационной аварии, связанные с изменением

среды обитания, цепи событий изменяющие привычный уклад жизни населения и называют радиационную аварию коллективной психологической травмой, которая наносит ущерб социальному сознанию всего общества. Следовательно, необходимо учитывать особенности психологии масс такие, как аффективность, внушаемость, легковерность, предпочтение слухов официальной информации, заражение переживаниями и убеждениями.

К настоящему времени получены многочисленные данные исследований об изменении психического здоровья населения, постоянно проживающего на территориях с высоким радиационным загрязнением, а также отмечается повсеместное распространение в пострадавших районах разнообразных реакций невротического типа.

Последующие наблюдения (2005-2013), выполненные рядом авторов (Рыбников и др., 2008), подтвердили отсутствие тенденции к угасанию неблагоприятных последствий у населения РЗТ в течение многих лет после аварии, а также показали высокий уровень психоэмоционального напряжения и тревоги на протяжении многих лет.

В Российских национальных докладах, посвященных Чернобыльской аварии (30 лет..., 2016; 35 лет..., 2021), представлены результаты мониторинга социально-психологической ситуации, проводимого на РЗТ Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей. Согласно результатам мониторинга, до настоящего времени около 70% респондентов обеспокоены возможным негативным влиянием радиации на собственное здоровье и здоровье детей; до 40% респондентов входят в группу риска по степени психоэмоциональной напряженности, обусловленной радиационным фактором. Это предопределяет актуальность работ по социально-психологической реабилитации населения радиоактивно загрязненных территорий.

Ряд авторов (Румянцева и др., 2009; Румянцева и др., 1998; Зыкова и др., 2001) описывает картину феномена «психосоматического цикла», когда тревожное напряжение ухудшает соматическое состояние, а обострение соматической патологии углубляет психические расстройства.

В докладах Генерального секретаря Ассамблеи ООН «Оптимизация международных усилий по изучению, смягчению и минимизации последствий чернобыльской катастрофы» и «Оптимизация международных усилий по изучению, смягчению и минимизации последствий чернобыльской катастрофы» (в 2010 и 2013 гг.) (Доклад ..., 2010; Доклад ..., 2013) также отмечается, что социально-экономические и экологические последствия чернобыльской аварии до сих пор продолжают оказывать негативное влияние на пострадавший регион и что местные населенные пункты по-прежнему нуждаются в помощи. Загрязнение долгоживущими радионуклидами цезия и стронция с периодом полураспада около 40 лет негативно сказывается на радиационно-гигиенической ситуации (сверхнормативное загрязнение продукции сельского и лесного хозяйства радионуклидами). Отъезд молодежи, дефицит инвестиций и страх перед радиацией – вот те трудности, которые не позволяют местной продукции выходить на потребительский рынок.

Справедливо отмечено, что «радиационные катастрофы имеют начало, но не имеют конца» (Румянцева и др., 2009) и население радиоактивно загрязненных территорий продолжает подвергаться воздействию вторичных стрессогенных факторов, среди которых значимое место занимает информационный фактор. Социально-политические изменения в обществе привели к появлению в СМИ обширного потока информации и материалов о масштабах катастрофы и ее последствиях.

Существующие в обществе псевдонаучные мифы, связанные с радиацией, взаимная передача их в среде участников ликвидации аварии на ЧАЭС и населения РЗТ, угрожающее по содержанию информационное сопровождение установленных льгот и особого статуса «чернобыльца» – все это убеждало в

наличии неизлечимой «лучевой» патологии. Именно это определяло пассивное ожидание медицинской и социальной помощи без каких-либо самостоятельных действий, направленных на разрешение своих проблем. В то же время такого рода концепция болезни и ожидание подтверждения особого медико-социального статуса являются выражением психологической защиты, а в силу массового характера таких представлений – принимают форму социально-психологического защитного феномена. Подобная картина наблюдалась у населения РЗТ, которое до сих пор ориентировано не на собственные ресурсы, а на социальную поддержку, что может привести к потере чувства контроля и к беспомощности (Марченко, Тазетдинова, 2016; Мельницкая и др., 2015).

Подводя итог теоретическому анализу социально-психологических последствий аварии на ЧАЭС, можно сделать вывод, что роль психологического фактора в возникновении стрессовых расстройств и ухудшении состояния здоровья населения, проживающего на РЗТ, не вызывает в настоящее время сомнений. Отсутствие непосредственного ощущения воздействия радиации способствует субъективному завышению человеком радиационной опасности. В связи с этим выраженность психологических проблем зависит от получения достоверной и достаточной информации, а также от оказания адекватной психологической поддержки для повышения социальной активности населения РЗТ и ответственности за свою жизнь. Населению необходимо приспособиться к жизни в условиях радиоактивного загрязнения местности и постараться сделать условия проживания максимально безопасными для здоровья. Для эффективного противодействия опасностям необходимо, чтобы человек обладал необходимыми знаниями, умениями и навыками обеспечения безопасности во всех сферах жизнедеятельности, а также располагал нужной информацией. Кроме того, до индивида важно донести ценность безопасности в повседневной жизни, привить ему определенные качества личности, повысить уровень его мотивации, добиться с его стороны осознанного отношения к обеспечению собственной безопасности и безопасности окружающих.

Следовательно, эффективной мерой социально-психологической помощи пострадавшему населению являются мероприятия по формированию культуры безопасности жизнедеятельности населения РЗТ, включая обеспечение свободного доступа к информации и повышение радиологической грамотности.

Медицинская и социально-психологическая реабилитация пострадавших

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 (Марченко, 2005).

Советом Министров СССР была разработана и утверждена Верховным Советом СССР (постановление от 25 апреля 1990 года №1452-1) Государственная союзно-республиканская программа неотложных мер на 1990-1992 годы по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС на основе республиканских программ и предложений Государственной экспертизы, как первоочередная стадия долгосрочной Государственной программы. Меры по обеспечению охраны здоровья людей, подвергшихся радиационному воздействию в результате аварии на Чернобыльской АЭС создание системы медицинского

обеспечения пострадавшего населения: «первичная диспансеризация – углубленная диспансеризация – лечение – реабилитация» и ее материально-техническое обеспечение.

Далее за период с 1992 года и до 2015 года в федеральных целевых (государственных) программах по преодолению последствий Чернобыльской катастрофы решались задачи по созданию системы медицинского обеспечения населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях, переселенцев и участников ликвидации последствий аварии, предполагающей реализацию оптимизированной схемы «первичная диспансеризация – углубленная диспансеризация – лечение – реабилитация» и ее материально-техническое обеспечение.

Одновременно была разработана Программа «Дети Чернобыля» (Бюджетом около 1 - 1,5 млрд руб. на пятилетку), которая начала работать уже в 1991 году, направленная на осуществление комплекса мероприятий по защите и реабилитации детей, проживающих на радиоактивно загрязненных территориях. В дальнейшем приняты еще 3 программы по защите детского населения (в целом программы функционировали с 1991 по 2002 годы).

В основном эти программы были реализованы в 4-х наиболее пострадавших территориях России – Брянской, Орловской, Тульской и Калужской областях. Учитывались пособия для детей, их рациональное питание, медицинское обслуживание и оздоровление в санаториях и профилакториях и что немало важно – обучение правильному поведению при проживании на радиоактивно загрязненных территориях.

Основная цель программ – исключить воздействие неблагоприятных факторов Чернобыльской катастрофы на подрастающее поколение с учетом всех социально-экономических и медицинских особенностей этой проблемы заключается в комплексе мероприятий по обеспечению необходимого уровня

профилактических осмотров детей и беременных женщин, доступности специализированной медицинской помощи с использованием современного лечебно-диагностического оборудования.

Кроме того, с 1998 по 2025 гг. реализовывались российско-белорусские программы совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской аварии и осуществлялись ежегодные Мероприятия Союзного государства: «Оказание комплексной медицинской помощи отдельным категориям граждан Беларуси и России, подвергшихся радиационному воздействию вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС». Союзные программы и Мероприятия стали важным дополнением национальных программ. В ходе их реализации 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 другое. (35 лет..., 2021; Алексанин и др., 2024).

Особая роль в оказании медицинской помощи ликвидаторам и пострадавшему населению отводится трем ведущим многопрофильным медицинским центрам Беларуси и России.

Медицинский радиологический научный центр имени А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск)

С первых дней катастрофы на Чернобыльской АЭС врачами и средним медицинским персоналом на базе ведущего Медицинского радиологического научного центра РАМН (МРНЦ РАМН, г. Обнинск, Калужская область (Рис. 4.3)) оказывалась специализированная медицинская помощь жителям загрязненных территорий Калужской, Тульской, Орловской и Брянской областей. В

настоящее время данный Центр является одним из крупнейших медицинских учреждений России.



Рисунок 4.3 — Медицинский радиологический научный центр имени А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск)

В Центре имеется необходимая инфраструктура для экспериментальных и клинических исследований, работают высококвалифицированные специалисты, накоплен достаточный опыт разработок и внедрения современных диагностических и лечебных технологий. В центре работают 1779 человек, среди которых 26 профессоров, 60 докторов и 172 кандидата медицинских наук, 352 научных сотрудника, 150 врачей.

На базе МРНЦ реализованы мероприятия по оказанию медицинской высококвалифицированной помощи (Медицинские ..., 2015) в рамках российских федеральных программ по преодолению последствий радиационных аварий и катастроф, в том числе аварии на ЧАЭС (Постановление № 637, 2001; Постановление № 523, 2011), а также с момента образования Союзного государства (Договор Союзного государства, 1999; Постановление № 1, 1998) в рамках реализации Программ Союзного государства России и Беларуси (Постановление № 34, 2000; Постановление № 17, 2002; Постановление № 33, 2006; Постановление № 21, 2013; Итоги..., 2016).

Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова МЧС России

В 1991 г. в Санкт-Петербурге был создан Всероссийский центр экологической медицины (с 1997 г. переименован во Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины (далее - ВЦЭРМ МЧС России), которому распоряжением Правительства Российской Федерации были приданы функции головной организации по оказанию необходимой медицинской помощи всем участникам ликвидации последствий аварии на ЧАЭС и лицам, переселенным из загрязненных радионуклидами районов России.

В состав ВЦЭРМ входят (Рис. 4.4-4.6):

- Клиника № 1 (многопрофильная, терапевтическая). Многопрофильный круглосуточный стационар на 120 коек.
- Клиника № 2 (многопрофильная, высокотехнологичной медицинской помощи) на 410 коек (250 - хирургического профиля, 110 – терапевтического профиля, 50 - клинической реабилитации).
- Поликлиника (на 420 посещений в смену).

Штат ВЦЭРМ - 1875 человек. Более 70% медицинского персонала имеет высшую и первую категории. 50 докторов наук, 145 кандидатов наук. В штате медицинский персонал, научные и педагогические работники.



Рисунок 4.4 — Клиника № 1



Рисунок 4.5 — Клиника № 2



Рисунок 4.6 — Поликлиника (на 420 посещений в смену)

Эти медицинские центры были реконструированы, модернизированы и оснащены, в том числе в рамках союзных программ по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС за счет средств бюджета Союзного государства.

Во ВЦЭРМ с 1991 по 2025 год комплексное диагностическое обследование, лечение и реабилитация проведены более 35 тысячам участников ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, и гражданам, проживавшим (проживающим) на радиоактивно-загрязненных территориях Российской Федерации.

Лечение и реабилитация проводились в ходе реализации ФЦП, Программ совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства (до 2016). В рамках Программ проводились НИР, скрининги онкопатологии, оценка нарушений метаболизма (гормонального статуса, микроэлементов, углеводного обмена).

Ежегодно (с июня 2016г. и по настоящее время) в рамках реализации Мероприятий Союзного государства около 1000 участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС и граждан, пострадавших от последствий аварии получают в клиниках ВЦЭРМ как специализированную, так и высокотехнологичную медицинскую помощь. Проводятся научно-исследовательские работы по отдаленным последствиям аварии.

Учеными и клиницистами ВЦЭРМ отмечено, что граждане, подвергшиеся радиационному воздействию вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, в том числе ликвидаторы последствий аварии, особо нуждаются в специализированной медицинской помощи в условиях стационара для лечения болезней системы кровообращения, болезней органов пищеварения, болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани (Комплексная ..., 2021).

Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека Минздрава Республики Беларусь («РНПЦ РМиЭЧ», г. Гомель)

По официальной статистике от последствий аварии на ЧАЭС (по данным дозиметрического регистра) на территории Беларуси пострадало около 1 миллиона 520 тысяч человек. Естественно, что существующей на момент аварии сети медицинских учреждений, оказывающей соответствующую специализированную помощь, было недостаточно. В связи с этим о необходимости создания специализированного медицинского учреждения заговорили практически сразу же после аварии.

Идея строительства Республиканского научно-практического центра радиационной медицины и экологии человека в Гомеле возникла в 1990 году, но открытие состоялось только 31 декабря 2002 года (Рис. 4.7). Финансирование медицинской помощи пострадавшим в результате аварии на ЧАЭС осуществляется из республиканской программы и программ совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства (до 2016), после - в рамках реализации Мероприятий Союзного государства «Оказание комплексной медицинской помощи отдельным категориям граждан Беларуси и России, подвергшихся радиационному воздействию вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС». В настоящее время он является головной организацией по оказанию специализированной медицинской помощи населению Беларуси, пострадавшему от чернобыльской катастрофы и оказывает медицинскую, специализированную, высокотехнологическую помощь по направлениям: иммунопатология, гематология, трансплантация органов и тканей, микрохирургия глаза, эндокринология, гинекология и другим.



Рисунок 4.7 — Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека Минздрава Республики Беларусь

На сегодняшний день в составе Центра успешно функционируют консультативно-диагностическая поликлиника на 500 посещений в смену (19 врачебных направлений), стационар на 360 коек (9 отделений), 4 научные лаборатории и гостиница на 60 мест. Ежегодно в центре проходят диагностику и лечение в условиях стационара более 14 тысяч пациентов из 30 стран мира, в том числе около 2,5 тысяч - граждан России. Ежегодно обслуживаются в условиях поликлиники почти 60 тысяч пациентов.

В регионах России специальная диспансеризация граждан, пострадавших вследствие чернобыльской катастрофы проводится в многопрофильных консультативно-диагностических центрах, оснащенных современным медицинским оборудованием, в которых работает более квалифицированный, чем в среднем по стране, персонал (например, ГАУЗ «Брянский клинико-диагностический центр», Воронежская областная клиническая больница №1 и другие).

Таким образом, исходя из многолетних наблюдений, следует, что состояние здоровья лиц, пострадавших от последствий аварии на Чернобыльской АЭС в отдаленном периоде, нуждается не только в организации мониторинга, но и в обеспечении доступности и адресности специализированной и высокотехнологичной медицинской помощи.

Социально-психологическая реабилитация пострадавших

Изменение условий проживания на радиоактивно загрязненных территориях 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. Российские ученые и специалисты пытались скорректировать восприятие вредного действия радиации и негативные ожидания в отношении здоровья населения, однако возникли трудности преодоления рентных установок и

повышенной радиотревожности. 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. Созданные в 1993—1994 гг. в рамках программы «ЮНЕСКО-Чернобыль» центры социально-психологической реабилитации населения в поселке 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. Сложившаяся обстановка требовала улучшения информационной работы с пострадавшим населением. В рамках федеральных программ 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 (Рыбников, Марченко, 2004). 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, межведомственная информационная система по вопросам обеспечения радиационной безопасности населения и проблемам преодоления последствий радиационных аварий. Проведено

большое количество семинаров, совещаний, конференций, реализовано несколько обучающих программ, нацеленных на стимулирование местных экономических инициатив и занятости населения (Сборник ..., 2009; Марченко и др., 2009).

Стало традицией к круглым датам аварии на Чернобыльской АЭС подводить итоги, анализировать и оценивать мероприятия, проведенные для смягчения ее последствий, фиксировать научные достижения (30 лет..., 2016; 35 лет..., 2021; Онищенко и др., 2021), что указывает на актуальность проблемы, которая с течением времени только возрастает, так как идет процесс накопления новых данных, имеющих непреходящую научную ценность.

4.3 Возвращение пострадавших территорий к условиям нормальной жизнедеятельности

Снижение уровней загрязнения в результате радиоактивного распада основного дозообразующего радионуклида ^{137}Cs , а также масштабное применение реабилитационных мероприятий привели к существенному улучшению радиационной обстановки на загрязненных территориях Российской Федерации и Республики Беларусь. На настоящем этапе ликвидации последствий аварии основной задачей является возвращение территорий и населения к условиям нормальной жизнедеятельности.

Под нормальной жизнедеятельностью подразумевается проживание населения, использование им ареала обитания, ведение хозяйственной деятельности без ограничений по радиологическому фактору и проведения специальных реабилитационных мероприятий (или при временных или частичных социально приемлемых ограничениях, которые не нарушают требований радиационной безопасности), а также изменение юридического статуса населенных пунктов (вывод из зон радиоактивного загрязнения).

Критериями перехода пострадавших территорий и населения к условиям нормальной жизни (по радиологическому фактору) являются: величина предела средних годовых эффективных доз (СГЭД) облучения населения; плотности загрязнения территории; возможность ведения хозяйственной деятельности и производство продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям (Табл. 4.2).

Таблица 4.2 — Радиологические критерии для перевода пострадавшего населения и территорий радиоактивного загрязнения к условиям нормальной жизнедеятельности (IAEA, 2016)

Страна	СГЭД, мЗв/год	Плотность загрязнения территории, кБк/м ²	Соответствие продукции допустимым уровням
Беларусь			Да
Россия			Да

Возвращение пострадавших территорий к условиям нормальной жизнедеятельности (Российская Федерация)

В Российской Федерации в соответствии с ФЗ «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» (Закон № 1244-1, 1991) границы зон радиоактивного загрязнения и перечни населенных пунктов, находящихся в них, устанавливаются в зависимости от изменения радиационной обстановки и пересматриваются Правительством не реже одного раза в пять лет. В качестве количественного критерия перехода к нормальной жизнедеятельности населенных пунктов используется снижение величины СГЭД за счет «чернобыльского» загрязнения до допустимого предела 1 мЗв/год.

В соответствии с утвержденным постановлением правительства перечнем в 2015 г. общее число населенных пунктов в зонах радиоактивного загрязнения сократилось на 776 населенных пунктов (Постановление № 1074, 2015). Таким образом, 17% населенных пунктов по сравнению с 1986 г. были выв-

дены из зоны радиоактивного загрязнения (Табл. 4.3), при этом 93,2% населенных пунктов были отнесены к зоне с льготным социально-экономическим статусом. С 1 января 2024 г. утвержден обновленный перечень населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС (Распоряжение № 745-р, 2023), в котором уменьшилось число населенных пунктов только в зоне проживания с льготным социально-экономическим статусом.

Таблица 4.3 — Динамика перевода населенных пунктов к условиям нормальной жизнедеятельности

Всего		В том числе по зонам радиоактивного загрязнения			
Год	НП	Зона проживания с льготным статусом	Зона проживания с правом на отселение	Зона отселения	Зона отчуждения
		НП	НП	НП	НП
		—	—	—	—

Базовой информацией для изменения статуса населенного пункта является оценка радиационной обстановки, которая ежегодно проводится ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета (Табл. 4.4). Необходимо подчеркнуть, что при принятии решения о пересмотре перечня населенных пунктов учитывается не только зона загрязнения, но и социально-экономические последствия.

По оценкам ФГБУ НПО «Тайфун» в 2025 году большая часть населенных пунктов (около 86%) находится в зоне с плотностью загрязнения менее 37 кБк/м² (Табл. 4.4). По сравнению с аналогичными данными за 2020 год число населенных пунктов в зонах проживания с льготным социально-экономическим статусом (37-185 кБк/м²) и зоне проживания с правом на отселение (185-555 кБк/м²) сократилось на 20%, и более чем в 2 раза в зоне отселения (555-1480 кБк/м²) (Данные ..., 2025; Данные ..., 2020).

Таблица 4.4 — Распределение количества населенных пунктов в субъектах РФ на территориях, загрязненных в результате чернобыльской аварии, по уровню ^{137}Cs , кБк/м² (по состоянию на 01.01.2025)

№	Субъекты РФ	Количе-	< 37	37-185	185-555	555-1480	> 1480
Центральный федеральный округ							
1	Белгородская	528	526	2			
2	Брянская	1852	1390	314	141	6	1
3	Воронежская	1144	1138	6			
4	Калужская	562	399	161	2		
5	Курская	1104	1063	41			
6	Липецкая	212	210	2			
7	Московская	9	9				
8	Орловская	1537	1279	258			
9	Рязанская	562	495	67			
10	Смоленская	79	79				
11	Тамбовская	109	109				
12	Тульская	2084	1514	560	10		
Южный федеральный округ							
13	Волгоградская	5	5				
14	Ростовская	2	2				
Приволжский федеральный округ							
15	Нижегородская	138	138				
16	Пензенская	173	171	2			
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	154	2			
Всего:							
На 01.01.2025		10876	9301	1415	153	6	1
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

По прогнозу, к 2056 году число населенных пунктов сократится до 984, а численность проживающих в них жителей – до 413,6 тыс. чел. При этом преобладающая часть населения (более 95%) будет проживать в зоне льготного социально-экономического статуса. Однако основным критерием, определяющим возможность возвращения территорий к нормальной жизнедеятельности, включая возвращение населения, является не превышение дозового норматива

1 мЗв/год облучения населения. Прогноз показывает, что для большей части отчужденных территорий этот критерий может быть достигнут не ранее 2025-2035 гг.

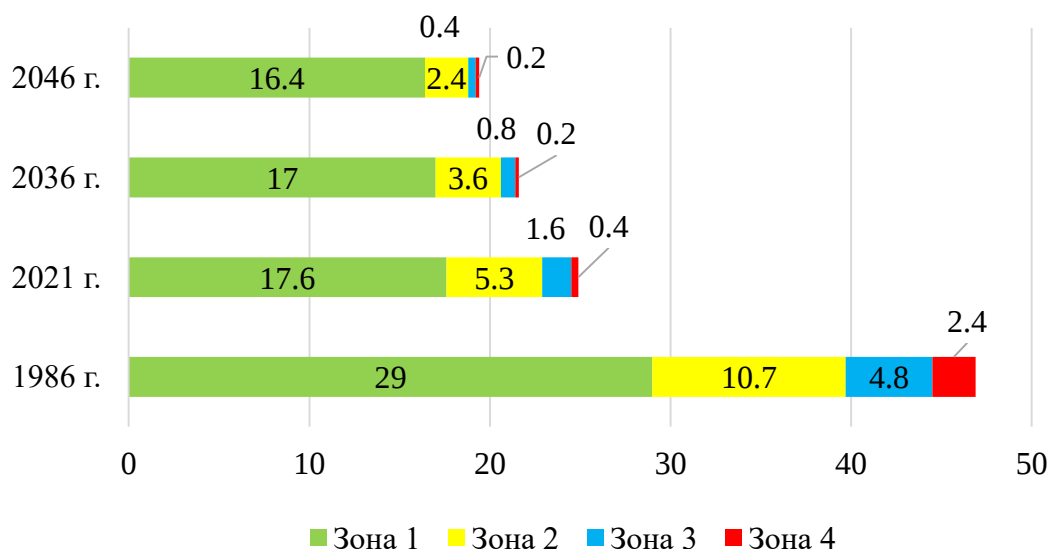
Дополнительными критериями при обосновании возможности возвращения территорий к условиям нормальной жизнедеятельности является возможность использования прилегающих территорий для ведения хозяйственной деятельности (сельское и лесное хозяйство), а также возможность получения продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям.

Возвращение пострадавших территорий к условиям нормальной жизнедеятельности (Беларусь)

В результате аварии на Чернобыльской АЭС загрязнению ^{137}Cs подверглось 46,6 тыс. км² территории Беларуси, а загрязнению ^{90}Sr выше 5,5 кБк/м² 21,1 тыс. км². Вследствие естественного распада этих радионуклидов площадь территории радиоактивного загрязнения закономерно сокращается. С 1986 по 2021 г. в результате распада радионуклидов площадь территории, загрязненной ^{137}Cs с уровнем выше 37 кБк/м² (1 Ки/км²), уменьшилась с 46,6 до 25,5 тыс. км² или в 1,8 раза. По прогнозу с учетом динамики самоочищения почвы к 2046 г. площади территорий радиоактивного загрязнения республики с контролируемыми минимальными плотностями загрязнения ^{137}Cs 37 кБк/м² и выше и ^{90}Sr 5,55 кБк/м² и выше уменьшатся примерно в 2,4 раза и составят соответственно 19,5 и 9,0 тыс. км², или 9,6 и 4,4 % площади республики (Цыбулько, 2025).

После аварии на Чернобыльской АЭС площадь территории с плотностью загрязнения ^{137}Cs 1-5 Ки/км² (с 1991 г. зона проживания с периодическим радиационным контролем) составляла 29,0 тыс. км² (62,4% от территории радиоактивного загрязнения), площадь территории с плотностью 5-15 Ки/км² (зона с правом на отселение) – 10,7 тыс. км² (22,4% от территории радиоактив-

ного загрязнения), площадь территории с плотностью 15-40 Ки/км² (зона последующего отселения) – 4,8 тыс. км² (10,1% от территории радиоактивного загрязнения) и площадь территории с плотностью >40 Ки/км² (зона первоочередного отселения) – 2,4 тыс. км² (5,1% от территории радиоактивного загрязнения) (Рис. 4.8).



Зона 1 – зона проживания с периодическим радиационным контролем; зона 2 – зона с правом на отселение; зона 3 – зона последующего отселения; зона 4 – зона первоочередного отселения.

Рисунок 4.8 — Динамика распределения площадей (в тыс. км²) по зонам радиоактивного загрязнения

В Беларуси в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС на территории радиоактивного загрязнения оказалось около 3679 населенных пунктов, в том числе 27 городов, где проживало 2,2 млн. человек. За послеаварийный период из 471 населенного пункта население было эвакуировано или отселено. Всего отселено около 137,7 тыс. человек, в том числе эвакуировано в течение 1986 г. 24,7 тыс. жителей из 107 наиболее пострадавших населенных пунктов и в дальнейшем переселено 113 тыс. жителей (Департамент..., 2011; Департамент..., 2020).

С 1992 г. в соответствии с законодательством на системной основе осуществляется возвращение территорий к нормальным условиям по радиационному фактору. Согласно процедуре, один раз в 5 лет производится пересмотр населенных пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения. Перечень их в зависимости от изменения радиационной обстановки пересматривается и утверждается Советом Министров Республики Беларусь по представлению республиканского органа государственного управления, осуществляющего управление в области преодоления последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС. Первый перечень населенных пунктов и объектов утвержден в 1992 г. и далее пересматривался в 1996, 2002, 2004, 2010, 2015, 2020 гг.

Критериями для вывода населенных пунктов из зон радиоактивного загрязнения являются величина средней годовой эффективной дозы облучения населения, плотность загрязнения почв радионуклидами. Населенные пункты и проживающее там население, в которых плотность загрязнения ^{137}Cs либо ^{90}Sr или $^{238-240}\text{Pu}$ ниже соответственно 37,0, 5,55, 0,37 кБк/м² (1,0, 0,15, 0,01 Ки/км²), а также средняя годовая эффективная доза облучения населения меньше 1 мЗв/год над уровнем естественного и техногенного фона, выводятся из зон радиоактивного загрязнения, на этих территориях прекращается проведение защитных мероприятий. В результате снижения уровней загрязнения территорий и доз облучения часть населенных пунктов переводится из более «жестких» зон в менее «жесткие».

За послеаварийный период из зон радиоактивного загрязнения возвращено к нормальным условиям жизнедеятельности 1657 населенных пунктов или 45% общего количества населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения (без учета эвакуированных и отселенных населенных пунктов) (Рис. 4.9).

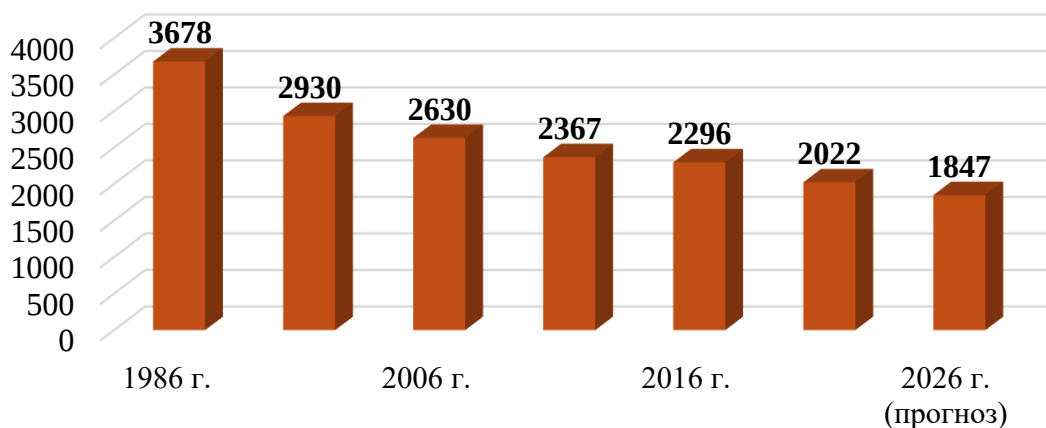


Рисунок 4.9 — Динамика количества населенных пунктов, находящихся на территории радиоактивного загрязнения

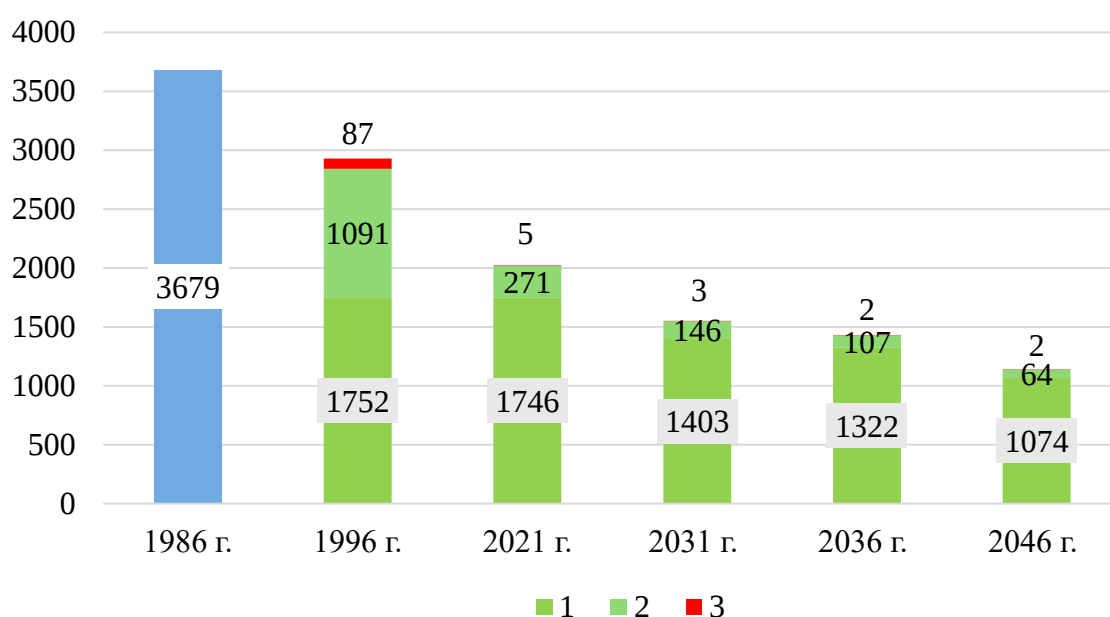
По состоянию на 1992 г., на территории радиоактивного загрязнения проживало 1852,9 тыс. человек (Табл. 4.5). По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь в настоящее время (2025 г.) в зонах радиоактивного загрязнения проживает 930,6 тыс. граждан, в том числе в зоне проживания с периодическим радиационным контролем 845,6 тыс. человек (90,9%), в зоне с правом на отселение – 84,3 тыс. человек (9,0%) и в зоне последующего отселения – 0,7 тыс. человек (<0,1%) (Табл. 4.5).

Таблица 4.5 — Динамика численности проживающего населения по зонам радиоактивного загрязнения, тыс. человек

Зона радиоактивного загрязнения	Годы					
	1992	1996	2006	2016	2020	2025
Проживания с периодическим радиационным контролем	1489,6	1315,7	1104,2	1029,7	1009,6	845,6
С правом на отселение	281,3	299,2	181,0	110,3	92,5	84,3
Последующего отселения	79,1	24,4	2,9	1,8	1,5	0,7
Первоочередного отселения	2,9	—	—	—	—	—
Всего	1852,9	1639,3	1288,2	1141,8	1103,6	930,6

Всего возвращено к нормальным условиям жизнедеятельности без ограничений по радиационному фактору около 922,3 тыс. жителей или около 50% населения, проживавшего на начало 1992 г. на территории радиоактивного загрязнения.

При действующем зонировании территории радиоактивного загрязнения, по прогнозной оценке, к 2036 и 2046 гг. (соответственно спустя 50 и 60 лет после аварии) на зону проживания с периодическим радиационным контролем будет приходиться соответственно 78,5 и 84,4 % (16,4 и 17,0 тыс. км²), на зону с правом на отселение – 16,8 и 12,5% (3,6 и 2,4 тыс. км²), на зоны последующего отселения – 3,7 и 2,1% (0,8 и 0,4 тыс. км²) и на зону первоочередного отселения – всего 1% (0,2 тыс. км²) (Рис. 4.10).



1 – зона проживания с периодическим радиационным контролем; 2 – зона с правом на отселение; 3 – зона последующего отселения.

Рисунок 4.10 — Структура распределения населенных пунктов по зонам радиоактивного загрязнения в разные послеаварийные периоды

К 2036 г. в зоне с периодическим радиационным контролем будет находиться 1322 населенных пункта (92% от их общего количества), в зоне с правом на отселение – 107 (7%) и в зоне последующего отселения – 2 населенных пункта (0,1%). На 2046 г. к зоне с периодическим радиационным контролем будет относиться 1074 населенных пункта (94% от их общего количества), к зоне с правом на отселение – 64 (6%) и к зоне последующего отселения – 2 населенных пункта.

Рекомендации по переходу пострадавших территорий и населения к условиям нормативной жизнедеятельности (по радиологическому фактору)

Учитывая существенное улучшение радиационной обстановки на значительной части пострадавших территорий России и Беларуси, целесообразно предпринять определенные меры по выводу части территории из «аварийной ситуации». При решении данной проблемы необходимо принимать во внимание как национальные нормативные правовые и методические документы в области радиационной защиты населения, так и современные международные подходы, а также рекомендации МКРЗ и МАГАТЭ. Разработка стратегий возвращения пострадавших территорий к условиям нормальной жизнедеятельности должна учитывать особенности радиационной обстановки в каждой из стран и выделить как приоритетные, так и наиболее проблемные вопросы.

Экспертная группа в рамках регионального проекта МАГАТЭ RER/9/123 «Поддержка возвращения к нормальным радиологическим условиям на территориях, подвергшихся влиянию аварии на Чернобыльской АЭС» предложила ряд рекомендаций, направленных на обеспечение постепенного перехода пострадавших территорий к условиям нормальной жизнедеятельности.

В Республике Беларусь для обоснования и реализации программ возвращения населения и территорий к условиям нормальной жизнедеятельности рекомендовано (IAEA, 2016):

1. Разработать Концепцию перехода от ситуации аварийного облучения к ситуации существующего облучения в отдаленном периоде после аварии на Чернобыльской АЭС.
2. Разработать новую систему классификации (зонирования) территории радиоактивного загрязнения на отдаленный период чернобыльской катастрофы для ситуации существующего облучения.

3. Гармонизировать нормативные правовые и технические нормативные правовые документы в области правового режима территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, и социальной защиты граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, к ситуации существующего облучения и к новой системе зонирования территории радиоактивного загрязнения.

4. Установить конкретные референтные уровни на содержание радионуклидов в пищевых продуктах. Данные референтные уровни определяются из расчета, что годовая эффективная доза для репрезентативного лица не должна превышать 1 мЗв.

5. Оптимизировать систему радиационной защиты населения, в том числе защитных мер в сельском и лесном хозяйстве, с учетом переработанных нормативных правовых актов и нового зонирования территории радиоактивного загрязнения.

6. Разработать нормативные методические документы по управлению и обращению с отселенными и отчужденными территориями при переходе к ситуации существующего облучения.

В Российской Федерации для практической реализации перехода территорий к условиям нормальной жизнедеятельности необходимо внести изменения в нормативные правовые документы, а также разработать собственно процедуру реализации этих документов (Санжарова и др., 2016; IAEA, 2016).

1. Целесообразно внести следующие изменения в существующие документы, определяющие понятия, связанные с переходом территорий к условиям «нормальной жизнедеятельности»:

- перейти к ситуации существующего облучения;
- ввести понятие «условия нормальной жизнедеятельности» для населения, проживающего на территориях, загрязненных в результате аварии на ЧАЭС»;

- разработать и ввести основные (дозовые) и вспомогательные критерии перевода территорий к условиям нормальной жизнедеятельности;
- разработать и утвердить референтные уровни облучения населения для территорий, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения.

2. Пересмотреть границы зонирования населенных пунктов в соответствии с изменением радиационной обстановки и критериями перевода к условиям нормальной жизнедеятельности. (Улучшение радиационной обстановки в населенных пунктах не отражено в нормативных законодательных актах. Несмотря на улучшение радиационной обстановки, из зоны радиоактивного загрязнения до сих пор не выведены населенные пункты, в которых дозы облучения населения ниже 1 мЗв/год.)

3. Разработать нормативную базу по процедуре (регламент, стандарт) перехода населенного пункта из статуса, отнесенного к зоне радиоактивного загрязнения, к состоянию нормальной жизнедеятельности. (Не существует нормативных документов, определяющих перевод населенных пунктов, из зон радиоактивного загрязнения к условиям нормальной жизнедеятельности.)

4. Разработать нормативную базу по процедуре (регламент, стандарт) перевода территорий (сельскохозяйственные земли и лесные территории), отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения и требующих проведения специальных защитных мероприятий, к территориям, где возможно ведение хозяйственной деятельности по традиционным технологиям.

5. Определить порядок (регламент) восстановления хозяйственного использования радиоактивно загрязненных (отчужденных или выведенных из оборота земель по радиологическому критерию) территорий при достижении уровней загрязнения, обеспечивающих соблюдение критериев радиационной безопасности населения и производимой продукции (без применения специальных защитных мероприятий). В настоящее время отсутствуют нормативные документы, определяющие процедуру возвращения выведенных из обо-

рота земель в хозяйственное использование. В связи с особенностями формирования зоны отчуждения на территории Брянской области и ограничениями по основному дозовому критерию рассмотрение возможности возвращения отчужденных сельскохозяйственных земель в хозяйственное использование должно проводиться поэтапно с учетом не только плотности загрязнения радионуклидами земель, но и в первую очередь дозового критерия.

6. Для обеспечения информационного сопровождения процедуры перехода населенных пунктов и загрязненных территорий из зон радиоактивного загрязнения к условиям нормальной жизнедеятельности провести комплексную социально-радиологическую паспортизацию загрязненных населенных пунктов с ареалом их обитания и предоставить данные федеральным, региональным и муниципальным органам власти, а также населению и средствам массовой информации.

Список литературы к разделу 4

1. 20 лет Чернобыльской катастрофы: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2006 : Российский национальный доклад / под редакцией С. К. Шойгу, Л. А. Большова. — Москва, 2006. — 92 с. — Текст : непосредственный.
2. 25 лет Чернобыльской аварии: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2011 : Российский национальный доклад / под редакцией С. К. Шойгу, Л. А. Большова. — Москва, 2011. — 160 с. — Текст : непосредственный.
3. 30 лет Чернобыльской аварии: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2016 : Российский национальный доклад / под редакцией В. А. Пучкова, Л. А. Большова. — Москва, 2016. — 202 с. — Текст : непосредственный.
4. 35 лет после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления ее последствий : национальный доклад Республики Беларусь / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. — Минск : ИВЦ Минфина, 2020. — 152 с. — Текст : непосредственный.

5. 35 лет Чернобыльской аварии: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2021 : Российский национальный доклад / под общей редакцией Л. А. Большова. — Москва, 2021. — 104 с. — Текст : непосредственный.
6. Алексанин, С. С. Российско-Белорусское сотрудничество по преодолению последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Медицинские последствия аварии / С. С. Алексанин, В. Ю. Рыбников, Т. А. Марченко // Журнал ТГБ. — 2024. — Специальный выпуск № 1. — С. 98-109. — Текст : непосредственный.
7. Арутюнян, Р. В. Уроки Чернобыля и Фукусимы: актуальные проблемы совершенствования системы защиты населения и территорий при авариях на АЭС / Р. В. Арутюнян, Л. А. Большов, И. И. Линге [и др.] // Медицинская радиология и радиационная безопасность. — 2018. — Т. 61, № 3. — С. 36–51. — Текст : непосредственный.
8. Герасимова, Н. В. Защита населения и реабилитация территорий, пострадавших вследствие аварии на ЧАЭС / Н. В. Герасимова, Б. К. Блинов, А. М. Зиборов // Чернобыль: 15 лет спустя. — М.: Контакт-культура, 2001. — 67-81 с. Текст : непосредственный.
9. Горский, А. И. Прогноз смертности в когорте российских участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС / А. И. Горский, М. А. Максютлов, К. А. Туманов [и др.] // Медицинская радиология и радиационная безопасность. — 2020. — Т. 65, № 5. — С. 36–43. — Текст : непосредственный.
10. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-(239+240) / под редакцией С. М. Вакуловского ; составитель В. Н. Яхрюшин. — Обнинск : ФГБУ «НПО «Тайфун», 2020. — 224 с. — Текст : электронный. — URL: https://www.rpatyphoon.ru/upload/medialibrary/e6a/ezheg_rzrf_2020.pdf (дата обращения: 10.04.2026).
11. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-(239+240) / составитель В. Н. Яхрюшин. — Обнинск : ФГБУ «НПО «Тайфун», 2025. — 229 с. — Текст : электронный. — URL: https://www.rpatyphoon.ru/upload/medialibrary/ezhegodniki/rzrf/ezheg_rzrf_2025.pdf (дата обращения: 10.04.2026).
12. Договор Союзного государства (подписан в г. Москве 08 декабря 1999 г.). — Текст : непосредственный.

13. Доклад Генерального секретаря ООН «Оптимизация международных усилий по изучению, смягчению и минимизации последствий чернобыльской катастрофы». А/65/341, 1 сентября 2010 года. — Текст : непосредственный.
14. Доклад Генерального секретаря ООН «Оптимизация международных усилий по изучению, смягчению и минимизации последствий чернобыльской катастрофы». А/68/498, 10 марта 2013 года. — Текст : непосредственный.
15. Ежегодные государственные доклады «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера...» за период 2005-2015 годы. — Москва : МЧС России, ВНИИ ГОЧС. — Текст : непосредственный.
16. Зыкова, И. А. Чернобыль и социум: оценки риска / И. А. Зыкова, Г. В. Архангельская, И. А. Звонова. — Санкт-Петербург : МАПО – НИИ РГ, 2001. — 140 с. — Текст : непосредственный.
17. Иванов, В. К. 35-летний опыт функционирования НРЭР как государственной информационной системы мониторинга радиологических последствий чернобыльской катастрофы / В. К. Иванов, М. А. Максютлов, К. А. Туманов [и др.] // Радиация и пик. — 2021. — Т. 30. — № 1. — С. 7-39. — Текст : непосредственный.
18. Иванов, В. К. Медицинские последствия аварии на ЧАЭС: прогноз и фактические данные Национального регистра / В. К. Иванов, А. Ф. Цыб, Т. П. Шиляева [и др.] // Международный журнал радиационной медицины. — 2002. — № 4 (1-4). — С. 241–250. — Текст : непосредственный.
19. Иванов, В. К. Оценка радиационных рисков злокачественных новообразований среди населения регионов России, загрязнённых радионуклидами вследствие аварии на Чернобыльской АЭС / В. К. Иванов, В. В. Кащеев, С. Ю. Чекин [и др.] // Радиация и риск. — 2021. — Т. 30, № 1. — С. 131–146. — Текст : непосредственный.
20. Итоги реализации целевых программ по преодолению последствий радиационных аварий. — 2016. — Текст : электронный // Официальный сайт МЧС России. — URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/informacionnye-proekty/30-letie-katastrofy-na-chernobylskoy-aes/itogi-realizacii-celevykh-programm-po-preodoleniyu-posledstviy-radiacionnykh-avariy> (дата обращения: 20.02.2026).
21. Кащеев, В. В. Оценка радиационных рисков злокачественных новообразований среди российских участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС / В. В. Кащеев, С. Ю. Чекин, С. В. Карпенко [и др.] //

- Радиация и риск. — 2021. — Т. 30, № 1. — С. 58–77. — Текст : непосредственный.
22. Комплексная медицинская помощь участникам ликвидации последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции: 35 лет радиационной катастрофы : монография / под редакцией С. С. Алексанина ; Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А. М. Никифорова МЧС России. — Санкт-Петербург, 2021. — 321 с. — Текст : непосредственный.
23. Корело, А. М. Непараметрическая оценка сокращения ожидаемой продолжительности жизни российских участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС / А. М. Корело, М. А. Максютков, К. А. Туманов [и др.] // Радиация и риск. — 2020. — Т. 29, № 3. — С. 14–26. — Текст : непосредственный.
24. Кочергина, Е. В. Радиационно-эпидемиологическое исследование заболеваемости потомков первого поколения участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции / Е. В. Кочергина, А. И. Горский, С. Ю. Чекин [и др.] // Радиация и риск. — 2021. — Т. 30, № 1. — С. 110–130. — Текст : непосредственный.
25. Малышев, В. П. Проблемы преодоления последствий чернобыльской катастрофы / В. П. Малышев // Проблемы анализа риска. — 2006. — Т. 3, № 1. — С. 23–30. — Текст : непосредственный.
26. Марченко, Т. А. Информационно-психологическая безопасность от риска радиационного поражения: концепция, принципы, модель, рекомендации / Т. А. Марченко, Т. Б. Мельницкая, В. Ю. Рыбников, А. В. Симонов ; Российское отделение Российско-белорусского информационного центра по проблемам преодоления последствий Чернобыльской катастрофы. — Москва, 2009. — 240 с. — Текст : непосредственный.
27. Марченко, Т. А. Медико-психологическая реабилитация населения, пострадавшего в крупномасштабных радиационных катастрофах, в отдаленном периоде: концепция, принципы, технологии (на примере аварии на Чернобыльской АЭС) : диссертация ... доктора медицинских наук / Т. А. Марченко. — Санкт-Петербург, 2005. — 146 с. — Текст : непосредственный.
28. Марченко, Т. А. Социальная защита и реабилитация населения после крупномасштабных радиационных аварий и катастроф : монография / Т. А. Марченко. — Москва : Политехника-сервис, 2003. — 80 с. — Текст : непосредственный.

29. Марченко, Т. А. Социально-психологические проблемы граждан, подвергшихся радиационному воздействию вследствие аварии на ЧАЭС / Т. А. Марченко, М. Н. Тазетдинова // Радиация и риск. — 2016. — Т. 25, № 4. — С. 100–110. — Текст : непосредственный.
30. Медицинские радиологические последствия Чернобыля: прогноз и фактические данные спустя 30 лет / под общей редакцией В. К. Иванова, А. Д. Каприна. — Москва : ГЕОС, 2015. — 450 с. — Текст : непосредственный.
31. Мельницкая, Т. Б. Психологические последствия переживания радиационного риска у населения, проживающего на радиоактивно загрязненной территории России, и их коррекция / Т. Б. Мельницкая // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. — 2008. — № 1. — С. 50–55. — Текст : непосредственный.
32. Мельницкая, Т. Б. Социально-психологические проблемы жизнедеятельности и стрессовые реакции населения в отдалённом периоде после аварии на Чернобыльской АЭС / Т. Б. Мельницкая, В. Ю. Рыбников, А. В. Хавыло. — Санкт-Петербург : Политехника-Сервис, 2015. — 148 с. — Текст : непосредственный.
33. Меняйло, А. Н. Прогноз радиационных рисков населения на загрязнённых ^{137}Cs территориях России в соответствии с современными рекомендациями МКРЗ / А. Н. Меняйло, В. В. Кащеев, Е. А. Пряхин [и др.] // Медицинская радиология и радиационная безопасность. — 2020. — Т. 65, № 3. — С. 45–52. — Текст : непосредственный.
34. Наследие Чернобыля: последствия для здоровья, окружающей среды и социально-экономические последствия // Чернобыльский форум. — Вена, 2005. — 57 с. — Текст : непосредственный.
35. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) : санитарные правила и нормативы. СанПиН 2.6.1.2523-09. — Москва : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. — 100 с. — Текст : непосредственный.
36. О Программе совместной деятельности по преодолению последствий Чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства на 2006-2010 годы : постановление Совета Министров Союзного государства от 26 сентября 2006 г. № 33. — Текст : непосредственный.
37. О Программе совместной деятельности по преодолению последствий Чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства на период до 2016 года : постановление Совета Министров Союзного государства от 13 декабря 2013 г. № 21. — Текст : непосредственный.

38. О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС : Закон РФ от 15 мая 1991 года № 1244-1 // Ведомости Съезда народных депутатов РСФСР и Верховного Совета РСФСР. — 1991. — № 21. — Ст. 699. — Текст : непосредственный.
39. О федеральной целевой программе «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2010 года» : постановление Правительства РФ от 29.08.2001 № 637 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2001. — № 37. — Ст. 3702. — Текст : непосредственный.
40. О федеральной целевой программе «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2015 года» : постановление Правительства РФ от 29.06.2011 № 523 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2011. — № 29. — Ст. 4462. — Текст : непосредственный.
41. Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС : постановление Правительства Российской Федерации от 08 октября 2015 г. № 1074 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2015. — № 42. — Ст. 5768. — Текст : непосредственный.
42. Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС : распоряжение Правительства РФ от 28.03.2023 № 745-р // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2023. — № 14. — Ст. 2567. — Текст : непосредственный.
43. Онищенко, Г. Г. Оценка радиологических последствий аварий на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима-1» / Г. Г. Онищенко, А. Ю. Попова, И. К. Романович // Радиационно-гигиенические последствия и уроки аварии на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима-1» : материалы международной научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 22-23 апреля 2021 года). — Санкт-Петербург, 2021. — С. 17-33. — Текст : непосредственный.
44. Опыт и результаты деятельности Республики Беларусь по радиационной защите населения и реабилитации территорий радиоактивного загрязнения вследствие аварии на Чернобыльской АЭС / Департамент по ядерной и радиационной безопасности ; под общей редакцией профессора Н. Н. Цыбулько. — Минск : ИВЦ Минфина, 2025. — 212 с. — Текст : непосредственный.
45. Отчет Чернобыльского форума 2005 года. — Текст : электронный. — URL: <https://www.rbc.ru/quote/news/article/5ea52c1f9a79477a8686afbb?from=sору> (дата обращения: 10.02.2026).

46. Постановление Исполнительного Комитета Союза Беларуси и России от 10 июня 1998 года № 1. — Текст : непосредственный.
47. Постановление Совета министров Союзного государства от 21 декабря 2000 года № 34. — Текст : непосредственный.
48. Постановление Совета министров Союзного государства от 9 апреля 2002 года № 17. — Текст : непосредственный.
49. Публикация 103 Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) / перевод с английского ; под редакцией М. Ф. Киселёва, Н. К. Шандалы. — Москва : Алана, 2009. — 312 с. — Текст : непосредственный.
50. Румянцева, Г. М. «Радиационные инциденты и психическое здоровье населения» / Г. М. Румянцева, О. В. Чинкина, Л. Н. Бежина. — Москва, 2009. — С. 285. — Текст : непосредственный.
51. Румянцева, Г. М. Особенности восприятия радиационного риска населением, проживающим на загрязненных после аварии на ЧАЭС территориях / Г. М. Румянцева, В. Я. Марголина, Д. В. Плыплина [и др.] // Перспективы развития экологического страхования в газовой промышленности : сборник научных трудов. — Москва, 1998. — С. 127–136. — Текст : непосредственный.
52. Рыбников, В. Ю. Информационно-психологическая безопасность и социально-психологическая реабилитация и адаптация населения / В. Ю. Рыбников, Т. А. Марченко, Т. Б. Мельницкая, А. В. Симонов ; Российско-белорусский информационный центр по проблемам преодоления последствий чернобыльской катастрофы. — Москва, 2008. — 81 с. — Текст : непосредственный.
53. Рыбников, В. Ю. Медико-психологическая реабилитация населения после крупномасштабных радиационных аварий : монография / В. Ю. Рыбников, Т. А. Марченко. — Москва : Копи-Р, 2004. — 180 с. — Текст : непосредственный.
54. Санжарова, Н. И. Радиологические аспекты возвращения территорий Российской Федерации, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС, к условиям нормальной жизнедеятельности / Н. И. Санжарова, С. В. Фесенко, И. К. Романович [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2016. — Т. 56, № 3. — С. 322–335. — Текст : непосредственный.
55. Сборник методик по социально-психологической реабилитации и адаптации населения, проживающего на радиационно-загрязненных территориях России и Беларуси / под общей редакцией Т. Б. Мельницкой ; Российско-

- белорусский информационный центр по проблемам преодоления последствий чернобыльской катастрофы. — Минск–Москва, 2009. — 150 с. — Текст : непосредственный.
56. Чекин, С. Ю. Оценка радиационных рисков неонкологических заболеваний среди российских участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС / С. Ю. Чекин, М. А. Максютков, В. В. Кашеев [и др.] // Радиация и риск. — 2021. — Т. 30, № 1. — С. 78–93. — Текст : непосредственный.
57. Чекин, С. Ю. Прогноз пожизненных радиационных рисков заболеваемости злокачественными новообразованиями российских участников ликвидации последствий чернобыльской аварии / С. Ю. Чекин, А. Н. Меняйло, В. В. Кашеев [и др.] // Радиация и риск. — 2021. — Т. 30, № 1. — С. 94–109. — Текст : непосредственный.
58. Четверть века после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления : национальный доклад Республики Беларусь / Департамент по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. — Минск, 2011. — 90 с. — Текст : непосредственный.
59. Chernobyl disaster? Belarus Foreign Ministry April 2009: Why are the consequences still observed? And Why is the international assistance still critical? — Текст : электронный. — URL: www.mfa.gov.by (дата обращения: 10.02.2026).
60. Recommendations on the Gradual Transition of the Areas Affected by the Chernobyl Accident to Normal Radiological Conditions : IAEA Working Materials. IAEA Technical Cooperation Project RER/9/123. — Vienna, 2016. — 113 p. — Текст : непосредственный.

5. Развитие нормативной правовой базы. Научное обеспечение и международное сотрудничество

5.1 Создание и развитие нормативной правовой базы в области обеспечения социальной защиты граждан и преодоления последствий чернобыльской аварии

Авария на Чернобыльской АЭС привела к глубоким изменениям в вопросах ядерной безопасности как в атомной отрасли, так и в вопросах обеспечения радиационной безопасности населения (25 лет ..., 2011; 30 лет ..., 2016; 35 лет ..., 2021; Уроки Чернобыля ..., 2021). Атомная промышленность СССР, а затем и России провела глубокий пересмотр подходов к ядерной безопасности, эксплуатации и проектированию ядерных реакторов. В результате разработаны и усилены принципы глубокоэшелонированной защиты реакторов всех типов, введены более жёсткие требования к культуре безопасности, системам контроля, подготовке персонала, а также полностью пересмотрены нормативные документы.

Современные модификации реакторов типа ВВЭР получили многоуровневые системы аварийного охлаждения, а также пассивные средства отвода тепла и прочную гермооболочку, исключающую выбросы радионуклидов даже при тяжёлых авариях. Все действующие в атомные электростанции России находятся под постоянным контролем национальных и международных организаций, включая МАГАТЭ, что подтверждает их соответствие самым строгим мировым стандартам. В результате научной и технической проработки и реализации этих решений современная российская атомная энергетика рассматривается как одна из наиболее безопасных и технологически надёжных в мире (25 лет ..., 2011).

Первыми правовыми последствиями аварии на Чернобыльской АЭС стало принятие ряда новых международных правовых актов, направленных на обеспечение безопасности в сфере атомной энергии (25 лет ..., 2011) (Международный ..., 1991). В числе таких международных соглашений следует особо

выделить «Конвенцию о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации» 1986 г., основная задача которой состояла в том, чтобы обеспечить быстрое и четкое предоставление необходимой информации о ядерных авариях для сведения к минимуму трансграничных радиационных последствий. Каждое государство – участник Конвенции теперь стало обязано оперативно ставить в известность

В соответствии с Конвенцией МАГАТЭ является основным местом аккумулярования сведений о ядерной аварии. Наряду с этим в рамках МАГАТЭ заключена «Конвенция об оперативном оповещении о ядерной аварии 1986 г.», и уже вскоре рядом стран подписана базовая в этой области «Конвенция о ядерной безопасности 1994 г.». Вскоре после этого в Вене 5 сентября 1997 г. принимается «Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами». В рамках МАГАТЭ инициируется процесс изменения Протокола 1997 г. о внесении поправок в «Венскую конвенцию о гражданской ответственности за ядерный ущерб 1963 г.», направленных на повышение верхней планки допустимого ограничения ответственности оператора, расширение сферы применения Конвенции, определение понятий ядерного инцидента, ядерной установки, ядерного ущерба и т. д. Аналогичные изменения внесены в Протокол 2004 г. о внесении изменений в «Парижскую конвенцию об ответственности перед третьей стороной в области ядерной энергии 1960 г.» и в дополнительную Брюссельскую конвенцию 1963 г. В 1997 г. открыта для подписания «Конвенция о дополнительном возмещении за ядерный ущерб», направленная на создание универсального всемирного режима ответственности, объединяющего все государства, в том числе за счет совместно формируемых фондов. Указанные меры получили в научной юридической литературе весьма высокую оценку.

Не менее существенное воздействие катастрофа на Чернобыльской АЭС оказала на развитие национального экологического законодательства, которое

до аварии в СССР и Союзных республиках находилось на достаточно низком уровне (30 лет ..., 2016; 35 лет ..., 2021; Уроки Чернобыля ..., 2021).

Конечно, нельзя говорить о том, что до аварии в СССР отсутствовали нормы экологического права, однако они в это время носили или декларативный характер (Закон РСФСР, 1960), или касались охраны отдельных природных ресурсов (земли, воды, леса и т. д.) и комплексов (заповедники, памятники природы и т. д.). Требования по энергетической безопасности в 80-е годы предусмотрены были, в основном, в подзаконных актах, таких как «Нормы радиационной безопасности НРБ-76» (1981) и «Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений» (ОСП-72/80).

Правовые нормы, гарантирующие социальную защиту населения, пострадавшего от радиационного воздействия на момент аварии на ЧАЭС практически отсутствовали. Только после аварии, в соответствии со специальными постановлениями союзного и российского правительств, приняты решения о проведении защитных и реабилитационных мероприятий, оказанию помощи пострадавшим, выплаты компенсаций и предоставление льгот, а также другие мероприятия, направленные защиту населения пострадавших территорий (проведение дезактивационных работ, возмещение материального ущерба населению, трудоустройств и обеспечении жильем эвакуированных граждан и др.).

Совет министров СССР 6 мая 1986 г. утвердил и направил Минздраву Украины «Временное допустимое содержание радиоактивного йода¹³¹ в питьевой воде и продуктах питания (молочные продукты, рыба, зелень столовая) на период ликвидации последствий аварии», а 30 мая 1986 г. утверждены «Допустимые уровни содержания радиоактивных веществ в продуктах питания». К концу 1980-х гг. общий экологический закон в СССР принять не успели (так как в советских республиках усилились центробежные тенденции) и были

приняты соответствующие законодательные акты в уже независимых республиках. В России базовым стал Закон РСФСР от 19 декабря 1991 г. № 2060-1 «Об охране окружающей природной среды».

В качестве первых мер, предпринятых государством по социальной защите отдельных категорий граждан, пострадавших от Чернобыльской катастрофы 7 мая 1986 г. принято Постановление ЦК КПСС, Президиума Верховного Совета СССР, Совета Министров СССР и ВЦСПС № 524-156 «Об условиях оплаты труда и материального обеспечения работников предприятий и организаций зоны Чернобыльской атомной электростанции».

11 декабря 1986 г. вышло распоряжение Совета Министров СССР № 2488р «О предоставлении лицам, подвергшимся лучевой болезни при работах по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, бесплатного получения лекарств и лечения, а также обеспечения продуктами питания в ассортименте по согласованию с Минздравом СССР».

31 марта 1990 г. принято Постановление Совета Министров СССР и ВЦСПС № 325 «О мерах по улучшению медицинского обслуживания и социального обеспечения лиц, принимавших участие в работах по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС».

В дальнейшем, в результате усиления масштабов социальных процессов чернобыльской направленности среди населения, потребовалось создавать новую правовую базу по всем категориям пострадавших. Основываясь на Концепции проживания населения в районах, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС (одобренной Кабинетом Министров СССР 8 апреля 1991 г.), Совет Министров СССР с участием Советов Министров РСФСР, Украины и Белоруссии разработали проект Закона СССР «О социальной защите граждан, пострадавших вследствие чернобыльской катастрофы», который был принят Верховным Советом СССР 12 мая 1991 г.

Союзный закон определил статус территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению, порядок обеспечения жизнедеятельности на этих территориях и категории граждан, пострадавших вследствие Чернобыльской катастрофы, а также соответствующие каждой из категорий объемы льгот и компенсаций. Установлены порядок организации медицинской помощи пострадавшим, условия социальной защиты детей и подростков, порядок прохождения военной службы и деятельности предприятий, учреждений и общественных объединений на указанных территориях.

Аналогичная работа проведена в республиках, затронутых Чернобыльской аварией, где были приняты свои законы о социальной защите пострадавших:

- Закон Белорусской ССР «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС» от 22 февраля 1991 г.;
- Закон Украинской ССР «О статусе и социальной защите граждан, пострадавших в результате Чернобыльской катастрофы» от 28 февраля 1991 г.;
- Закон РСФСР «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» от 15 мая 1991 г.

18 июня 1992 г. Верховным Советом Российской Федерации принят ФЗ № 3061-1 «О внесении изменений и дополнений в Закон РСФСР «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС», а Постановлением Верховного Совета РФ № 3062-1 от 18 июня 1992 г. Закон введен в действие.

12 июля 1995 г. Государственной думой Российской Федерации принят Федеральный закон «О внесении изменений и дополнений в Закон РСФСР «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС». Закон одобрен Советом Федерации 15 ноября 1995 г. и введен в действие 2 декабря 1995 г.

Поскольку государственный бюджет не всегда позволял своевременно реализовать те или иные статьи по социальной защите пострадавших, некоторые расходы были перенесены на местные бюджеты.

Таким образом, формирование законодательной базы для решения проблем, связанных с радиационным загрязнением территорий и социальной защитой населения, пострадавшего в результате радиационного воздействия, по существу, началось только после чернобыльской катастрофы.

Основу механизма реализации чернобыльского закона составили постановления и распоряжения правительства Российской Федерации, акты министерств и ведомств, принятые в течение 1991 - 1993 годов и определившие порядок:

- установления причинной связи заболеваний и инвалидности с последствиями чернобыльской катастрофы (Минсоцзащиты РФ, Минздрав РФ);
- оказания медицинской помощи и предоставления лекарственных средств и изделий медицинского назначения (Правительство РФ, Минздрав РФ);
- выплаты ежегодной материальной помощи и других денежных компенсаций (Минтруд РФ);
- проведения обязательного государственного страхования личности от риска радиационного ущерба вследствие чернобыльской катастрофы (Правительство РФ, Росгосстрах);
- предоставления доплаты гражданам, работающим на РЗТ, а также переведенным по медицинским показаниям на нижеоплачиваемую работу (Минтруд РФ);
- назначения пенсий гражданам, пострадавшим от чернобыльской катастрофы (Минсоцзащиты РФ);
- обеспечения путевками граждан, пострадавших от радиационного воздействия (Минтруд РФ, Минфин РФ, Минсоцзащиты

- выдачи удостоверений участникам ликвидации последствий аварии на ЧАЭС и другим категориям пострадавших (Госкомчернобыль РФ);
- предоставления бесплатного жилья, льгот по оплате коммунальных услуг, проезду на транспорте и т. п. (Правительство РФ, соответствующие министерства и ведомства).

Таким образом, вопросы социальной защиты граждан, пострадавших вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, стали решаться с 1991 года после принятия Закона РСФСР «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС».

Под действие закона попали участники работ по ликвидации последствий аварии, население, проживающее на радиоактивно загрязненных территориях и население, переселенное (переселившееся) из зон радиоактивного загрязнения. Им, в зависимости от зоны загрязнения, были предоставлены многочисленные льготы и компенсации (бесплатное приобретение лекарств, уменьшение возраста выхода на пенсию, ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск, налоговые льготы и т.д.).

Указанные выплаты и льготы предоставлялись в качестве компенсационных ограничений, связанных с проживанием и ведением хозяйственной деятельности на территориях, загрязнённых радиоактивными веществами, а также за возможный вред, наносимый здоровью радиационным воздействием.

В условиях экономического кризиса и ограничений на потребление продуктов местного производства масштабные денежные выплаты населению, проживающему на загрязненных территориях, сыграли важную роль в поддержании уровня жизни.

Вместе с тем, анализ направленности и объемов таких затрат показал, что они в действительности слабо связаны с масштабами возможного ущерба.

Условия подготовки и принятия Закона РСФСР 1991 года «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие ката-

строфы на Чернобыльской АЭС» не позволили избежать ряда серьезных недостатков. Подготовка и принятие закона совпали с началом изменения политической ситуации в СССР, когда с чернобыльской темы была снята секретность. В этих условиях популизм властей перевесил рекомендации отечественных специалистов и международных экспертов и в закон, в качестве критерия отнесения населенных пунктов к зонам радиоактивного загрязнения, вошла величина плотности загрязнения почвы цезием-137 - свыше 1 Ки/км². С точки зрения ущерба здоровью это не было оправданным и привело к многократному расширению зон проведения противоаварийных мероприятий (количество загрязненных территорий увеличились с 4 до 14 субъектов Российской Федерации). Фактически произошла замена критерия, характеризующего реальный ущерб здоровью человека (доза облучения), на экологический критерий, характеризующий степень загрязнения почв искусственными радионуклидами (плотность загрязнения цезием-137). Для проведения мероприятий по противорадиационной защите населения, было установлено значение плотности загрязнения 15 Ки/км².

В экономическом плане это означало неоправданные материальные и финансовые затраты, в социальном и социально-психологическом - рост страха и озабоченности среди населения. Признание государством спустя 5-6 лет после аварии права на льготы и компенсации означало признание нанесенного людям ущерба.

Упрощенно был решен вопрос и о социальных гарантиях участникам работ по ликвидации последствий аварии. Одного дня командировки в 30-километровую зону в период с 1986 по 1990 г.г. было достаточно для получения статуса «спасатель» Очевидное упрощение критерия вылилось в значительный экономический ущерб государству и привело к развитию целого ряда негативных социальных процессов среди ликвидаторов.

По данным Российского государственного медико-дозиметрического регистра только ликвидаторы 1986-1987 годов относятся к группе повышенного риска, однако по закону, начиная с 1991 года, все ликвидаторы обеспечиваются за счет федерального бюджета значительными материальными компенсациями ущерба здоровью.

Аналогично обстоят дела с льготами и компенсациями для населения, проживающего на территориях, загрязнённых радиоактивными веществами. Не обоснованные затраты, связанные с возмещением полученного ущерба, хорошо видны при сопоставлении фактически предоставленных выплат, льгот и компенсаций с коллективной дозой облучения, т.е. объективной оценкой нанесенного населению вреда здоровью. К примеру, удельные фактические затраты, произведенные в 1993-1995 годах, на 1 чел.-Зв по Липецкой и Пензенской областям, попавшие в зоны только с льготным социально-экономическим статусом, выше, чем в наиболее пострадавших Брянской и Калужской областях, в состав которых, кроме зоны льготного статуса, входят также зоны отчуждения, отселения и проживания с правом на отселение.

Кроме того, необоснованные с точки зрения целей радиационной безопасности льготы и компенсации, на деле привели к необоснованному ограничению привычной жизнедеятельности на слабозагрязненных территориях. Иными словами, выплата льгот и компенсаций способствовала реализации целей программы в плане поддержания жизненного уровня населения, однако способствовала закреплению иждивенческих настроений и сдерживала инициативность населения по поиску средств адаптации к экономическому кризису.

Принятие в качестве основного критерия радиационной опасности не дозы облучения человека, а плотности радиоактивного загрязнения территории было принципиальной ошибкой, которая привела к распылению и неэффективному использованию финансовых средств, выделяемых на смягчение последствий аварии.

Вступивший в силу с 1 января 2005 года Федеральный закон от 22 августа 2004 года № 122-ФЗ «О внесении изменений и дополнений в законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых законодательных актов Российской Федерации в связи с принятием федеральных законов «О внесении изменений и дополнений в Федеральный закон «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации» и «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» определяет на текущем этапе государственную политику в области социальной поддержки граждан Российской Федерации, оказавшихся в зоне влияния неблагоприятных факторов вследствие чернобыльской катастрофы, либо принимавших участие в ликвидации последствий этой катастрофы.

Федеральный закон от 22 августа 2004 г. № 122-ФЗ внес существенные изменения в социальное законодательство, регулировавшее вопросы социальной защиты граждан, пострадавших вследствие воздействия радиации. Ранее предоставлявшиеся гражданам льготы и компенсации были упорядочены, исключены нормы длительное время не применявшиеся, либо устаревшие, введено в законодательство новое понятие – меры социальной поддержки.

Система социальных льгот с 1 января 2005 года радикально изменилась. Многие натуральные льготы были заменены ежемесячными денежными выплатами. Эта замена имеет как положительную, так и отрицательную стороны. С одной стороны «живые деньги» можно расходовать на любые нужды, тогда как натуральная льготы носит строго целевой характер и ею никто не может воспользоваться, кроме того, кому она предназначена. С другой стороны, суммы денежных выплат не достаточны для компенсации отмененных натуральных услуг, что ухудшает материальное положение льготников, а неравная потребность граждан в натуральных услугах невозможность заменить их равными денежными выплатами.

Эти меры государства были восприняты неоднозначно “ликвидаторами” и жителями радиоактивно загрязненных территорий. И в этом направлении предстоит многое прояснить и сделать для того, чтобы гарантировать и обеспечить “ликвидаторам” и всем гражданам России, пострадавшим от последствий чернобыльской и других радиационных катастроф, реальное осуществление их законных прав.

С изменением федерального законодательства возникла необходимость создания практически нового механизма реализации норм измененного законодательства.

Для создания механизма реализации установленных Федеральным законом от 22 августа 2004 г. № 122-ФЗ мер социальной поддержки граждан, пострадавших от воздействия радиации, МЧС России совместно с заинтересованными министерствами и ведомствами в 2004-2005гг. подготовлены проекты соответствующих решений Правительства Российской Федерации.

Правительством Российской Федерации в целях обеспечения реализации указанного Федерального закона изданы следующие постановления:

- от 21 декабря 2004 г. N 817 «Об утверждении перечня заболеваний, дающих инвалидам, страдающим ими, право на дополнительную жилую площадь»;
- от 21 декабря 2004 г. N 818 «О федеральных органах исполнительной власти, уполномоченных определять порядок и условия оформления и выдачи удостоверений отдельным категориям граждан из числа лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, и гражданам из подразделений особого риска» (с изменениями от 20 июня 2005 г.);
- от 29 декабря 2004 г. N 869 «Об утверждении Правил выплаты гражданам компенсации материального ущерба в связи с утратой имущества вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС и о стандартах оценки, обязательных к применению субъектами оценочной деятельности при

определении стоимости строений и имущества с учетом степени их радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС»;

- от 29 декабря 2004 г. N 864 «О порядке финансирования расходов по предоставлению гражданам государственной социальной помощи в виде набора социальных услуг и установлении платы за предоставление государственной социальной помощи в виде набора социальных услуг лицам, подвергшимся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, а также вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне, и приравненным к ним категориям граждан» (с изменениями от 23 марта, 30 июня, 2 августа, 28 декабря 2005 г.);
- от 29 декабря 2004 г. № 866 «О порядке обеспечения жильем за счет средств федерального бюджета нуждающихся в улучшении жилищных условий граждан, подвергшихся радиационному воздействию вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, аварии на производственном объединении «Маяк» и приравненных к ним лиц»;
- от 31 декабря 2004 г. N 907 «О социальной поддержке граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» (с изменениями от 16 июня 2005 г.).

Дальнейшее развитие Закона должно основываться на введении дозовых критериев определения мер социальной поддержки гражданам, подвергшимся воздействию радиации вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. В соответствии с «Концепцией радиационной, медицинской, социальной защиты и реабилитации населения Российской Федерации, подвергшегося аварийному загрязнению», принятой в 1995 году Российской научной комиссией по радиационной защите (РНКРЗ), Нормами радиационной безопасности – НРБ-99 (основополагающие документы, регламентирующие требования Федерального закона «О радиационной безопасности населения» от 9 января 1996 г. № 3-

ФЗ). Такими критериями являются основные пределы доз, допустимые уровни воздействия ионизирующего излучения для персонала и населения.

Принятые документы подвели научную основу для реабилитации территорий и населения на базе единого дозового подхода, применяемых в Чернобыльской зоне загрязнения и в регионах России, подвергшихся радиационному воздействию вследствие аварий на ядерных и радиационно-опасных объектах, а также при испытании ядерного оружия. В них излагаются принципы зонирования на восстановительной фазе радиационной аварии. Одним из основных является положение о том, что к зонам радиоактивного загрязнения относятся территории с годовой эффективной дозой выше 1 мЗв.

Объективным количественным показателем реального радиационного ущерба, наносимого жителям радиоактивно загрязненных территорий, является доза облучения. Согласно Концепции радиационной, медицинской, социальной защиты и реабилитации населения Российской Федерации, подвергшегося аварийному облучению, жители могут быть признаны облученными, если накопленная эффективная доза хронического облучения превышает 70 миллиЗиверт (мЗв). Критериями для применения соответствующих уровней вмешательства с целью защиты населения является численное значение годовой дозы по отношению к установленным Концепцией величинам 1, 5 и 20 мЗв в год.

В завершении обсуждения этого вопроса необходимо отметить, что процесс изменения законодательной базы в области защиты населения и территорий от радиационных последствий Чернобыльской аварии остается незавершенным.

5.2 Формирование программных мероприятий по преодолению последствий аварии на ЧАЭС

Чернобыльская катастрофа явилась мощным деструктивным фактором развития пострадавших регионов, обусловила рост социально-психологической напряженности. Следствием аварии явилось значительное ухудшение состояния здоровья населения и участников ликвидации последствий аварии, вызванное комплексом факторов радиационной и нерадиационной природы, включая экономические, психологические и социальные.

Только прямой материальный ущерб от радиационного воздействия для Российской Федерации, включающий стоимость выведенных из хозяйственного пользования основных и оборотных производственных фондов, объектов социальной инфраструктуры, жилья и природных ресурсов составил более 17 миллиардов долларов США. Косвенный ущерб, включая недополученную выгоду, оценивается в несколько десятков миллиардов долларов США.

Несмотря на то, что активные действия государства по смягчению последствий катастрофы проводились практически с первых дней после аварии, только в 1990 году они получили необходимую комплексную организационную и законодательную базу.

Проблема преодоления последствий чернобыльской катастрофы решается в Российской Федерации с 1991 года в рамках Закона «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС», а также программно-целевыми методами путем реализации государственных целевых программ по защите населения и реабилитации территорий, подвергшихся радиационному воздействию.

Сложность проблем, возникших в результате аварии на Чернобыльской АЭС, их комплексный и широкомасштабный характер потребовали концентрации усилий и интенсификации работ по их решению. В связи с этим 25 апреля 1990 года Верховный Совет СССР рассмотрел вопросы, связанные с лик-

видацией последствий аварии, и утвердил Государственную союзно-республиканскую программу неотложных мер на 1990-1992 годы, разработанную с учётом основных положений «Концепции проживания населения в районах, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС», утверждённой в 1991 году, а также действующих в тот период санитарных ограничений на дозы облучения населения, содержание радиоактивных веществ в продуктах питания и питьевой воде, продукции лесного хозяйства и другие.

После распада СССР работы по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в Российской Федерации сосредоточивались в рамках нескольких программ и подпрограмм, если решаемая проблема являлась частью более общей. Всего в период после 1992г. Правительством Российской Федерации принято 5 федеральных целевых (государственные) программ по преодолению последствий чернобыльской катастрофы, 4 программы по защите детского населения от последствий чернобыльской катастрофы, 2 программы по обеспечению жильем участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. Кроме того, после 1998 года принято 5 Программ совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства Россия и Беларусь (Табл. 5.1)

Таблица 5.1 — Перечень государственных (федеральных) целевых и межгосударственных программ, связанных с преодолением последствий чернобыльской катастрофы

Наименование программы	Дата утверждения
Программы по преодолению последствий чернобыльской катастрофы	
1. Единая государственная программа по защите населения Российской Федерации от воздействия последствий чернобыльской катастрофы на 1992-1995 годы и на период до 2000 года.	Утверждена постановлением Верховного Совета Российской Федерации от 14 июля 1993 года № 5437-1 в части неотложных мер на 1993-1995 годы

Наименование программы	Дата утверждения
2. Неотложные мероприятия по защите населения Российской Федерации от воздействия последствий чернобыльской катастрофы на 1996-1997 годы.	Утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 6 марта 1996 года № 257
3. Федеральная целевая программа по защите населения Российской Федерации от воздействия последствий чернобыльской катастрофы на период до 2000 года.	Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 28 августа 1997 года № 1112
4. Подпрограмма «Преодоление последствий аварии на Чернобыльской АЭС», входящая в состав федеральной целевой программы «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2010 года».	Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 29 августа 2001 года № 637 (с последующими изменениями)
5. Федеральная целевая программа «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2015 года» (Все мероприятия в составе программы не выделены применительно к авариям, а относятся ко всем радиационным событиям Чернобыльской и Кыштымской аварий и последствиям испытаний ядерного оружия, комплексно)	Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2011 г. N 523 (с последующими изменениями)
6. Государственная программа Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах» Основное мероприятие 1.9 «Преодоление последствий радиационных аварий»	Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. N 300 (с последующими изменениями)
Программы по защите детского населения от последствий чернобыльской катастрофы	
1. Государственная союзно-республиканская программа по охране здоровья детей от воздействия последствий чернобыльской катастрофы на 1991-1995 годы.	Утверждена постановлением Совета Министров СССР от 19 декабря 1990 года № 1312
2. Федеральная целевая программа «Дети Чернобыля» в составе федеральной программы «Дети России».	Утверждена постановлением Совета Министров – Правительства Российской Федерации от 9 сентября 1993 года № 909. Указом Президента Российской Федерации от 19 фев-

Наименование программы	Дата утверждения
	раля 1996 года № 210 действие президентской программы «Дети России» продлено на 1996-1997 годы.
3. Федеральная целевая программа «Дети Чернобыля» на 1998-2000 годы.	Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 19 сентября 1997 года № 1207
4. Федеральная целевая программа «Дети Чернобыля» (2001-2002 годы).	Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 25 августа 2000 года № 625

Программы по обеспечению жильем участников ликвидации последствий чернобыльской катастрофы

1. Федеральная целевая программа “Обеспечение жильем участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС в 1995-1997 годах”	Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 24 мая 1995 года № 511. Срок реализации Программы продлен постановлениями Правительства Российской Федерации от 19 января 98 г. №68 на 1998-2000 годы и от 30 декабря 2000 года № 1034 на 2001 год.
2. Подпрограмма “Обеспечение жильем участников ликвидации последствий радиационных аварий и катастроф”, входящей в состав федеральной целевой программы “Жилище” на 2002-2010 годы.	Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 16 октября 2002 года № 760

Межгосударственные программы по преодолению последствий чернобыльской катастрофы

1. Программа совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союза Беларуси и России на 1998-2000 годы	Утверждена постановлением Исполнительного комитета Союза Беларуси и России от 10.06.98г. № 1. Действие Программы постановлением Совета Министров Союзного государства от 21.12.2000г. продлено на 2001 год.
---	---

Наименование программы	Дата утверждения
2. Программа совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства на 2002–2005 годы.	Утверждена постановлением Совета Министров Союзного государства от 9 апреля 2002 года № 17.
3. Программа совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства на 2006–2010 годы.	Утверждена постановлением Совета Министров Союзного государства от 26 сентября 2006 года № 33.
4. Программа совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства на период до 2016 года	Утверждена постановлением Совета Министров Союзного государства от 13 декабря 2013 года № 21.
5. Программа совместной деятельности России и Беларуси в рамках Союзного государства по защите населения и реабилитации территорий, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС	Утверждена постановлением Совета Министров Союзного государства от 29 августа 2019 года № 8, с учетом постановления от 29 января 2024 г. № 8.
6. В настоящее время подготовлен проект новой программы Союзного государства по преодолению негативных последствий в результате аварии на Чернобыльской АЭС на период 2026-2029 гг.	

Основной целью программ по преодолению последствий аварии на ЧАЭС в период 1992-2004 годы являлось снижение негативных медицинских, социальных и психологических последствий аварии на население и участников ликвидации ее последствий до возможно низкого уровня; экологическая и экономическая реабилитация радиоактивно загрязненных территорий; возвращение ряда территорий к нормальным условиям жизнедеятельности.

Несмотря на сохранение целей программ, реальное их наполнение претерпевало существенные изменения.

В первые годы одними из самых приоритетных задач считались переселение и развертывание массового строительства объектов социальной сферы, а также широкое применение защитных мер.

Для 1993-1995 гг. характерно существенное снижение стимуляции переселения, понимание сложности завершения строительства всех ранее начатых объектов, концентрация защитных мер исключительно в сельском и лесном хозяйстве. Для этого периода в целом характерно существенное снижение ресурсного обеспечения программы. Это обстоятельство отразилось и на характере программы – в период 1996-1997 гг. она финансировалась только в части неотложных мер. Реализация программы в 1998-2001 гг. на начальном этапе также была осложнена экономическим кризисом.

Для целевых программ характерна поэтапная концентрация усилий на наиболее загрязненных территориях. До 1998 года действие программ распространялось на 14 субъектов Российской Федерации, загрязненных вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. С 1998 года реализация практических мероприятий программы сосредоточена в 4-х областях (Брянской, Калужской, Орловской и Тульской).

Несмотря на допущенные просчеты в планировании строительства новых объектов в рамках программы удалось выполнить значительный объем работ - в 1992 - 2001 годах введено в эксплуатацию более 1,3 млн. кв. м общей площади жилых домов, общеобразовательные школы на 18 183 ученических места, больницы на 1 287 коек, поликлиники на 4 995 посещений в смену, клубы и дома культуры на 3 960 мест и др.

Значительное внимание в процессе реализации программ в 1992-2001 гг. уделялось вопросам организации и проведения эффективных лечебных и профилактических мероприятий. Программы ставили задачу создания системы медицинского обеспечения населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях, переселенцев и участников ликвидации последствий аварии. Эта система предполагала создание оптимизированной схемы “первичная диспансеризация – углубленная диспансеризация – лечение – реабилитация” и ее материально - техническое обеспечение.

В 1992 г. создан Всероссийский центр радиационной медицины (ВЦЭМ, г. С.-Петербург), которому распоряжением Правительства Российской Федерации приданы функции головной организации по оказанию медицинской помощи участникам ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС и лицам, переселенным из радиоактивно загрязненных районов России. Приказом Минздрава России ВЦЭРМ определен как региональный лечебно-диагностический центр по проведению высококвалифицированного обследования, лечения, реабилитации лиц, принимавших участие в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, с закреплением за ним административных территорий Северо-Западного региона. В 1997 году он преобразован во Всероссийский центр экологической и радиационной медицины МЧС России (ВЦЭРМ).

В период с 1992 по 2000 годы во ВЦЭРМ прошли экспертное обследование, лечение и реабилитацию более 12 тыс. лиц, пострадавших в результате радиационных аварий, преимущественно участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, из 56 субъектов Российской Федерации.

Специализированная медицинская помощь жителям загрязненных территорий Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областей осуществлялась на базе Медицинского радиологического научного центра РАМН (МРНЦ РАМН, г. Обнинск). За период действия программ в МРНЦ проведено высококвалифицированное обследование и лечение 3,5 тысяч человек.

В 1992-2000 гг. разработаны и приняты соответствующими органами государственной власти заинтересованных регионов технологические и нормативно-методические документы, направленные на снижение последствий радиоактивного загрязнения для населения. Наиболее важными являлись комплексы работ по организации радиационно-дозиметрического мониторинга, а также информационно-аналитического обеспечения программы.

В период 2002-2006 годы в Российской Федерации преодоление последствий чернобыльской катастрофы осуществлялось в рамках подпрограммы

«Преодоление последствий аварии на Чернобыльской АЭС», входящей в состав федеральной целевой программы “Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2010 года”.

Основной целью подпрограммы является создание для населения нормальных (без ограничения по радиационному фактору) условий проживания и хозяйственной деятельности на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС. При формировании программы заложены реалистичные оценки возможностей государственного бюджета и предусмотрены ограничения в части строительства объектов социальной сферы.

С учетом разграничения функций и финансовых полномочий между уровнями государственной власти, по предложению Минэкономразвития России, начиная с 2005 года, из программы исключены непрофильные объекты (объекты культуры и спорта, индивидуальные жилые дома и т.п.). Все объекты, построенные в рамках программы (включая и незавершенные строительством), являются государственной собственностью тех субъектов Российской Федерации, на чьей территории они находятся. В 2006 году, в соответствии с внесенными изменениями, реализация мероприятий осуществляется в рамках федеральной целевой программы “Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2010 года” (в редакции постановлений Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2006 г. № 793, от 12 декабря 2007 г. № 865, от 29 декабря 2009 г. № 1108).

В 2002-2009 годах из федерального бюджета на финансирование капитальных вложений было выделено более 4 млрд. рублей. За указанный период введено 55,3 тыс. кв. м общей жилой площади, поликлиник на 2310 пос. в смену, больниц на 1529 коек, школ на 2 973 уч. мест, газовые сети протяженностью 976,6 км, водопроводные сети – 197,0 км и ряд других объектов.

Кроме мероприятий инвестиционного характера, в рамках подпрограммы реализовывались практические мероприятия по следующим направлениям:

- охрана здоровья граждан, подвергшихся радиационному воздействию, и их детей первого и второго поколения;
- снижение уровней облучения населения и реабилитация радиоактивно загрязненных территорий;
- радиационный и санитарно-гигиенический мониторинг объектов природной среды и продуктов питания, мониторинг доз облучения населения;
- социально-психологическая реабилитация граждан, подвергшихся радиационному воздействию;
- информационно-аналитическое и научное обеспечение мероприятий подпрограммы.

Около половины бюджетных средств программы направлена на реализацию мероприятий раздела “Охрана здоровья граждан, подвергшихся радиационному воздействию, и их детей первого и второго поколения”.

Основное внимание уделялось дооснащению районных и областных медицинских учреждений в целях оказания специализированной стационарной, амбулаторной и консультативной помощи гражданам, подвергшимся радиационному воздействию, включая участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, современным лечебно-диагностическим оборудованием, реактивами и расходными материалами. В рамках программы в специализированных медицинских учреждениях федерального (ВЦЭРМ, МРНЦ РАМН и др.) и регионального уровней (Брянской, Тульской, Орловской и Калужской областей) получили высококвалифицированную медицинскую помощь свыше полутора миллионов человек.

С 2014 года работы по преодолению последствий радиационной аварии на Чернобыльской АЭС в Российской Федерации стали вестись в рамках государственной программы Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах» (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. N 300), в которой федеральная целевая программа «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2015 года» была включена в виде подпрограммы, а с 1 января 2016 года в виде основного мероприятия 1.9 «Преодоление последствий радиационных аварий». Основной упор в мероприятии был сделан на специальном медицинском обеспечении ликвидаторов аварии.

Учитывая повышенную чувствительность к радиации детей и беременных женщин, мероприятия, направленные на их защиту и реабилитацию, были выделены в отдельную программу «Дети Чернобыля».

Реализация этой программы до 2000 года осуществлялась на территории 14 субъектов Российской Федерации, загрязнённых вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, на которых проживало более 970 тыс. детей и подростков до 18 лет. С 2001 года реализация практических мероприятий программы была сосредоточена в 4-х областях (Брянской, Калужской, Орловской и Тульской), подвергшихся наиболее сильному радиоактивному загрязнению. В этих областях проживало около 250 тыс. детей в возрасте до 18 лет, в том числе более 58 тыс. детей - в районах с плотностью загрязнения цезием-137 свыше 5 Ки/км². В соответствии с программой в 1992-2002 годах введены в эксплуатацию свыше 40 объектов детского медицинского профиля, в т. ч. больницы более, чем на 1900 коек, поликлиники на 2920 посещений в смену, консультативно-диагностические и реабилитационные центры на 1330 посещений в смену, санатории на 429 мест и ряд других объектов. Средства, направляемые на реализацию мероприятий, позволили укрепить материально-техническую базу областных и районных лечебно-профилактических учреждений, детских

домов-интернатов, других объектов детского профиля. Для мониторинга состояния здоровья детей, подвергшихся воздействию радиации, была разработана и внедрена в практическое здравоохранение эффективная трехуровневая (районный, областной и федеральный уровень) система организации диспансерного наблюдения. Ежегодной целевой диспансеризацией в контролируемых территориях охватывалось 97-98% детского населения.

В 1995 году разработана также самостоятельная программа обеспечения благоустроенным жильём участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС («Жильё ликвидаторам»). За период реализации этой программы участникам ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в 1995-2001 годах предоставлено 15 тыс. квартир. С 2002 года решение вопросов обеспечения жильем ликвидаторов осуществлялось в рамках специальной подпрограммы федеральной целевой программы «Жилище».

Создание в 1999 году Союзного государства позволили впервые после 1991 года объединить усилия государств для решения социально значимых проблем. В период 1998-2006 годы Советом Министров Союзного государства принято 3 программы совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы. Общий объем средств бюджета Союзного государства, направленных в 1998-2009 годах на реализацию комплекса программных мероприятий в России и Беларуси, в ценах соответствующих лет, составил 2,3 млрд. рублей.

Первой Программой совместной деятельности (1998-2000 г) финансировались работы по созданию материально-технической базы единой системы специализированной медицинской помощи, научно-практические работы в области здравоохранения, сельского и лесного хозяйства, мониторинга окружающей среды. В целом проводились работы, направленные на сближение нормативных правовых и методических подходов в сфере защиты населения и реабилитации территорий.

В ходе выполнения второй и третьей программ завершено создание материально-технической основы единой системы оказания специализированной медицинской помощи гражданам Беларуси и России, подвергшимся радиационному воздействию. В 2003 г. введен в эксплуатацию Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека (г. Гомель), проведена реконструкция и оснащение оборудованием Медицинского радиологического научного центра Российской академии медицинских наук (г. Обнинск) и Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины (ВЦЭРМ) МЧС России. Создан единый регистр России и Белоруссии по категориям лиц, подвергшимся радиационному воздействию вследствие катастрофы. Для пострадавшего населения и ликвидаторов организовано производство продуктов питания с лечебно-профилактическими свойствами. В целях проведения единой политики в области преодоления последствий чернобыльской катастрофы созданы основы нормативно-методической базы, включая ведение сельского и лесного хозяйства на территориях радиоактивного загрязнения, организацию радиационно-гигиенического контроля пищевых продуктов, информационную работу с населением. Кроме того, в это время велись работы по созданию системы адресной медицинской помощи гражданам России и Белоруссии, пострадавшим вследствие катастрофы, а также формированию единых требований и элементов нормативного и технического регулирования работ по приведению в безопасное состояние и возврат в хозяйственный оборот сельскохозяйственных угодий и земель лесного фонда России и Белоруссии. В целях реализации общей информационной политики по проблемам преодоления последствий Чернобыльской катастрофы введен в эксплуатацию российско-белорусский информационный центр по проблемам преодоления последствий Чернобыльской катастрофы.

В четвертой и пятой программах основные усилия были направлены на совершенствование общей политики по совместному обеспечению безопасной жизнедеятельности граждан Республики Беларусь и Российской Федерации,

подвергшихся радиационному воздействию вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, и повышению качества жизни проживающих на загрязненных территориях:

- медицинское социально-психологическое специальное обеспечение;
- совершенствование единой системы радиационной защиты при чрезвычайных ситуациях на сопредельных территориях радиоактивного загрязнения Российской Федерации и Республики Беларусь;
- информационное и образовательное обеспечение, особенно среди молодежи.
- разработку новых подходов к технологиям по снижению накоплений радионуклидов в сельскохозяйственной продукции;
- снижение рисков трансграничных переносов радиоактивных элементов при чрезвычайных ситуациях на радиоактивно загрязненных территориях государств-участников Союзного государства и повышение оперативности при их ликвидации;
- проведение совместных мероприятий по комплексному радиоэкологическому мониторингу территорий России и Беларуси, подвергшихся радиоактивному загрязнению.

В ходе реализации перечисленных государственных и федеральных целевых программ, а также программ Союзного государства проделана огромная работа, которая позволила в значительной степени уменьшить негативные последствия аварии на Чернобыльской АЭС.

В соответствии с государственными и федеральными целевыми программами по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в целях снижения доз облучения населения, проживающего на загрязнённых территориях, осуществлялись следующие мероприятия: переселение населения, дезактивация территорий и населённых пунктов, захоронение радиоактивных отходов, ограничение доступа на загрязнённые территории, прекращение хозяйственной деятельности, специальные меры в сельском и лесном хозяйстве,

ограничение потребления загрязнённых продуктов питания, обеспечение «чистыми» продуктами и др.

Переселение является наиболее радикальным защитным мероприятием, направленным на устранение постоянного воздействия факторов внешнего и внутреннего облучения в дозах, представляющих опасность для человека. Оно началось сразу же после аварии. Как отмечалось выше, 27 апреля 1986 года была проведена эвакуация жителей г. Припять, потом населения 30-км зон вокруг АЭС. К сожалению, с большой задержкой было принято решение об отселении населения с загрязнённых территорий России. Распоряжением Совета Министров РСФСР лишь от 5 октября 1989 года № 878-р принято решение о переселении в 1989-1993 годах жителей ряда населенных пунктов Брянской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие Чернобыльской катастрофы, в которых проводимый комплекс защитных мероприятий не обеспечивал неперевышение установленного Минздравом СССР безопасного для здоровья людей предела индивидуальной дозы облучения в течение их жизни. Безусловно, что время было упущено. Период основного дозообразования уже прошел.

Государственной программой РСФСР по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС на 1990-1995 годы предусматривалось переселение в 1990-1992 годах 84,2 тыс. человек, проживающих в населенных пунктах с уровнем радиоактивного загрязнения почвы свыше 15 Ки/кв.км по цезию-137, в том числе 15,2 тыс. человек из 67 населенных пунктов, отнесенных к зоне «обязательного отселения».

С принятием в 1991 году Закона РСФСР «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» право на переселение было предоставлено гражданам, проживающим на всех территориях с плотностью загрязнения цезием-137 свыше 5 Ки/кв.км.

Всего за период с 1986 г. по 2010 г. из радиоактивно загрязненных районов Брянской области переселено и выехало добровольно только 56,4 тысяч человек.

Среди основных причин невыполнения установленных заданий по обязательному отселению следует отметить: некомплексную застройку населенных пунктов, предназначенных для отселения; резкое отставание с сооружением инженерных сетей и объектов социальной инфраструктуры, в связи с чем условия жизни в них оказывались ниже, чем в районах постоянного проживания; отсутствие необходимых социологических обследований среди отселяемых граждан, в связи с чем не учитывались их требования и пожелания для формирования соответствующих условий жизнедеятельности.

Процесс переселения сопровождался обострением проблемы занятости как среди жителей, ожидающих переселения (в связи с необоснованно принятыми на местах ограничениями на сельскохозяйственную деятельность), так и среди переселенных (в связи с отставанием на новом месте жительства темпов создания рабочих мест по сравнению с темпами жилищного строительства).

Итогом этого явился отказ многих жителей от переселения. Да и строительство жилья для переселенцев со временем резко сократилось.

Значительному снижению доз облучения населения способствовала дезактивация территорий и населённых пунктов. Основные дезактивационные работы проведены в 1986-1990 годах. В период с 1990 по 1995 годы проводилась дезактивация лишь локальных участков в населённых пунктах. Особое внимание при проведении дезактивационных работ уделялась школам, дошкольным учреждениям, медицинским учреждениям и другим зданиям, которые обычно используются большим количеством людей. Большой объём работ был выполнен по дезактивации здания и сооружений непосредственно на Чернобыльской АЭС.

Только за первых два года после аварии дезактивации подверглись 21 км² поверхностей различных сооружений и объектов, многократно дороги с

твёрдым покрытием протяжённостью более 500 км, было уложено 30 тыс. м³ бетона и 20 тыс. т асфальта. Дезактивации подверглись более 700 тыс. единиц транспортных средств, 180 тыс. комплектов спецодежды, 60 км железнодорожных путей и примыкающих к ним станционных сооружений. Стоимость дезактивационных работ в 1986-1989 годах составила порядка 2 млрд. рублей по ценам того времени (А.Д. Зимон, 1986 г.).

В России после аварии выполнена дезактивация 472 населенных пунктов, расположенных в юго-западных районах Брянской области. Захоронены десятки тысяч кубометров грунта и других отходов. Захоронения, как правило, производились в специальные траншеи с глиняными замками и глиняной подушкой вне естественных понижений рельефа и с низким уровнем грунтовых вод.

За счет многократного снижения мощности доз облучения, достигнутого в результате дезактивационных работ в часто посещаемых местах населённых пунктов, удалось добиться значительного улучшения радиационной обстановки, снижения доз облучения населения.

Не обошлось и без ошибок в вопросах дезактивации. Как отмечалось выше, были приняты решения и осуществлены дезактивационные работы в населённых пунктах в зонах отчуждения, в том числе дезактивация г. Припять.

5.3 Научное обеспечение работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС

Сложность возникших проблем с первых часов после аварии на ЧАЭС обусловила необходимость широкого привлечения научных сил страны к её локализации и ликвидации, а также к уменьшению её последствий для населения и окружающей среды. Постановлением Совета Министров СССР от 1 ноября 1986 г. были развернуты научные исследования по Комплексной программе. Руководство и координация исследований возлагались на Межведомственный координационный совет по научным проблемам Чернобыля при

Президиуме Академии наук СССР под руководством академика А. П. Александрова. Высокопрофессиональный состав Координационного совета способствовал более эффективной организации фундаментальных исследований и разработке научных рекомендаций по конкретным вопросам включая следующие приоритетные направления: экология, контроль и прогноз радиоактивных загрязнений, радиационная медицина, сельскохозяйственная радиология, техника и технология.

В рамках Координационного совета были созданы специальные рабочие группы и научно-исследовательские центры по отдельным проблемам. В этот период основные направления, нацеленные на минимизацию последствий аварии, возглавляли крупнейшие советские ученые: Е. П. Велихов, В. А. Легасов, Ю. А. Израэль, Л. А. Ильин, П. В. Рамзаев, Р. М. Алексахин и многие другие.

Научное сопровождение практических мероприятий государственных и федеральных целевых программ по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС было призвано обеспечить повышение эффективности реализации защитных и реабилитационных мероприятий по следующим основным направлениям:

- радиационно-экологическая оценка и прогноз состояния природной среды в районах, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии;
- реконструкция и ретроспективная оценка индивидуальных и коллективных, текущих среднегодовых и накопленных доз облучения населения и доз на щитовидную железу;
- разработка рекомендаций по совершенствованию диагностики и лечения выявляемой патологии у облучённых лиц;
- исследования по изучению отдаленных последствий радиационного воздействия (эпидемиологических, медико-демографических, медико-психологических, радиоэкологических и др.);

- медико-биологические и социально-психологические проблемы защиты и реабилитации детского населения, проживающего на загрязненных территориях;
- разработка методов снижения дозовых нагрузок на население;
- научное обоснование мер по смягчению последствий аварии, реабилитации населения и территорий, в т.ч. по производству и внедрению продуктов питания с лечебно-профилактическими свойствами;
- совершенствование необходимой нормативной правовой и методической базы.

В целом тематика и направления научных исследований отражали приоритеты, характерные для того или иного периода реализации программ, и степени решения различных научно-практических задач.

К выполнению научных работ привлекались ведущие научные коллективы России разного профиля, в числе которых Медицинский радиологический научный центр РАМН, Федеральный детский научно-практический центр противорадиационной защиты Минздрава России, Государственный научный центр России — Институт биофизики, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Институт глобального климата и экологии Росгидромета, С.-Пб. НИИ радиационной гигиены, ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и другие, которые проделали огромную работу, охватывающую практически все стороны чернобыльской проблемы.

Кроме того, за прошедшие годы разработан, подготовлен и принят соответствующими федеральными органами исполнительной власти, организациями и администрациями заинтересованных регионов целый ряд технологических и нормативно-методических документов.

Наиболее важными из них являются: «Методические рекомендации по организации системы радиационно-дозиметрического мониторинга»; методические указания «Реконструкция средней накопленной в 1986—1995 годах эф-

фективной дозы облучения населения, проживающего на загрязненных территориях»; методические указания «Зонирование населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, по критерию годовой дозы облучения населения»; методические указания «Реконструкция дозы излучения радиоизотопов йода в щитовидной железе жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году» и другие.

Подготовлены справочники по радиационной обстановке и дозам облучения населения районов Российской Федерации, отнесенных к зоне аварии на Чернобыльской АЭС в 1991 г. и в последующие годы, а также «Каталог доз облучения щитовидной железы по Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областям». Сделан прогноз облучения населения этих территорий до 2056 года. Рассчитаны средние эффективные накопленные дозы внешнего и внутреннего облучения всего тела жителей населенных пунктов Брянской, Калужской, Орловской, Тульской, Рязанской и Липецкой областей за первый год после аварии и за период с 1986 по 1995 годы, а для Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей были рассчитаны среднегодовые эффективные дозы облучения и за все последующие годы, включая 1999 год. Разработан и издан Атлас радиоактивного загрязнения территории России вследствие аварии на Чернобыльской АЭС.

Итогом широкомасштабного изучения радиоактивного загрязнения территорий России, обусловленного Чернобыльской аварией, явилась оценка воздействия радиационного фактора на население этих территорий. Расчет коллективной дозы внешнего облучения населения цезием-137 показал, что в большинстве областей чернобыльское загрязнение не дает значимого вклада в эту величину. На уровне глобального загрязнения цезием-137 чернобыльская составляющая уже не выделяется.

Для большинства загрязнённых территорий за прошедшее время после катастрофы годовые дозы облучения населения многократно снизились. Поступление цезия-137 в организм человека с пищевыми продуктами уменьшилось за счет естественных процессов и специальных агрономелиоративных мероприятий.

Значительный объем исследований, посвященный оценке медико-демографических последствий аварии на Чернобыльской АЭС, наряду с представлением обобщенного анализа и прогноза медицинских радиологических последствий Чернобыльской аварии, сопровождался подготовкой и внедрением в практическую сеть здравоохранения методических рекомендаций, руководств, пособий для врачей по диагностике, профилактике, лечению и реабилитации различных категорий граждан Российской Федерации (ликвидаторов, населения, детского контингента), подвергшихся радиационному воздействию.

Результаты, полученные исследовательскими коллективами по оценке состояния здоровья ликвидаторов и населения, проживающего на загрязненных территориях, показывают, что выявленные изменения состояния здоровья как населения, так и ликвидаторов следует связывать не только непосредственно с радиационным фактором, но и со всем комплексом последствий Чернобыльской катастрофы.

Отмеченные тенденции в ухудшении общей медико-демографической ситуации на контролируемых территориях, прежде всего, по таким интегральным показателям, как смертность населения и ликвидаторов, перинатальная и младенческая смертность, первичная инвалидность определяются целым комплексом причин, среди которых одно из ведущих мест занимают социальные факторы, характерные не только для загрязнённых регионов, но и для России в целом.

Основные результаты научных исследований изданы в виде монографий, сборников, представлены на различных симпозиумах и конференциях, в

том числе и международных. Материалы о состоянии здоровья детей, полученные в рамках программы «Дети Чернобыля», ежегодно включаются в государственный доклад «О состоянии здоровья детей в Российской Федерации».

Информационно-аналитические материалы, подготовленные ведущими научными коллективами по вопросам разработки стратегии и основным направлениям деятельности в области преодоления последствий Чернобыльской катастрофы, использовались в подготовке справок, докладов, аналитических записок в Правительство Российской Федерации, Государственную Думу и др.

К ликвидации последствий аварии в сельскохозяйственном производстве были привлечены различные учреждения и организации. Функции головной организации, ответственной за координацию работ, оценку радиационной ситуации, разработку научно-обоснованных рекомендаций, были возложены на Всесоюзный научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии - ВНИИСХР (в настоящее время Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии НИЦ «Курчатовский институт»). 30 апреля 1986 г. Госагропром СССР направил первую группу специалистов ВНИИСХР «для радиологического контроля за состоянием сельхозугодий и объектов Украинской и Белорусской ССР, прилегающих к Чернобыльской АЭС, и подготовки оперативных решений по вопросам ведения сельскохозяйственного производства». Всего за 1986 год было командировано 15 групп специалистов ВНИИСХР для оценки обстановки и разработки предложений по ведению сельскохозяйственного производства.

Приказом № 211 Госагропрома СССР от 14 мая 1986 г. создаются комиссии научных экспертов при Госагропроме СССР, а также Белорусской и Украинской ССР для оказания научно-методической помощи местным органам власти в осуществлении первоочередных мероприятий по ликвидации последствий радиоактивного загрязнения территории и разработки плана работ по

обеспечению устойчивого ведения сельскохозяйственного производства. К работе комиссий от ВНИИСХР привлечены: при Госагропроме СССР Н.А. Корнеев – председатель, А.П. Поваляев А.П., Б.Н. Анненков, А.В. Егоров; при Госагропроме УССР И.Я. Панченко – председатель, Е.В. Юдинцева, В.П. Юланов, В.М. Плещов; при Госагропроме БССР Р.М. Алексахин – председатель, Б.И. Шуховцев, Л.А. Мамонтова. Была оказана помощь Госагропрому Грузинской ССР в оценке уровней загрязнения чайных плантаций и возможности реализации продукции чая майского сбора (Г.Г. Глonti, В.П. Юланов, А.Д. Куринов, Т.Л. Жигарева).

Решение многоплановых задач по ликвидации последствий аварии в АПК потребовало оперативной разработки нормативных и методических документов. Первые «Временные рекомендации по ведению агропромышленного производства в Белорусской ССР на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению» были утверждены 13 июня 1986 г. Главным санитарным врачом СССР П.Н. Бургасовым, Заместителем председателя Госагропрома СССР Л.Н. Кузнецовым, Председателем Госагропрома Белорусской ССР Ю.М. Хусаиновым. Системой Госагропрома СССР в период 1986-1991 гг. были переданы органам управления, а также специалистам на местах более 200 документов нормативного и методического характера (Сборник ..., 2006).

Организационные мероприятия. В системе Госагропрома специальных аварийных подразделений не существовало. В учреждениях агрохимической и ветеринарной служб функционировали отдельные радиологические лаборатории и группы, осуществлявшие контроль радиационной обстановки на сельскохозяйственных землях и предприятиях. Одной из организационных мер являлось фактически создание радиологической службы в системе АПК. В Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областях на базе проектно-изыскательских станций созданы областные центры химизации и сельскохозяйственной радиологии. Была развернута сеть областных и районных ветеринарных радиологических лабораторий. Оценка ситуации в животноводстве

осуществлялась Центральной научно-производственной ветеринарной радиологической лабораторией.

Одной из проблем, которая была выявлена в первый период после аварии, являлось недостаточное оснащение радиологических подразделений средствами измерений, в частности, отсутствие необходимого оборудования для проведения измерений при высоких уровнях загрязнения. Потребовалось принятие срочных мер по переоснащению радиологических подразделений и обеспечение их современными средствами измерений.

Масштабность работ по ликвидации последствий аварии на территории Белоруссии и Украины предопределила целесообразность создания двух филиалов ВНИИСХР — Украинского в Киеве и Белорусского в Гомеле (УкрНИИСХР и БелНИИСХР) (Приказ Председателя Госагропром СССР В.С. Мураховского от 03.06.1986 г.). Коллективами УкрНИИСХР (директор Н.А. Лощилев, с 1994 г. Б.С. Пристер) и БелНИИСХР (директор В.А. Киршин, с 1987 г. — С.К. Фирсакова) были разработаны и реализованы мероприятия по проведению реабилитационных и защитных мероприятий в агропромышленном комплексе на радиоактивно загрязненных территориях и контролю за радиоактивным загрязнением сельскохозяйственных земель, продукции растениеводства и животноводства (Сборник ..., 2006).

Важнейшим фактором, обеспечившим безопасность сельскохозяйственной и пищевой продукции, являлось создание системы радиационного контроля на перерабатывающих предприятиях, в торговых центрах, на рынках и т.п. Большую роль в создании системы радиационного контроля в животноводстве сыграл Департамент ветеринарии МСХ РФ (руководитель В.Ф. Боченков) и Центральная научно-производственная ветеринарная радиологическая лаборатория (руководитель В.И. Педченко и в последствии М.В. Калмыков). За первый период после аварии было проведено 169222 измерений в растениеводстве и 785276 в животноводстве.

Уже в первый период ликвидации последствий аварии в сельском хозяйстве стало очевидно, что ключевой проблемой являлась оперативная оценка радиационной ситуации, а также масштабов загрязнения территорий, на которых необходимо применение мер реагирования и защитных мероприятий. 14 мая 1986 года Госагропром СССР издает Приказ № 210 о проведении специального радиологического обследования сельскохозяйственных угодий в загрязненных областях. По единым методикам, разработанным ВНИИСХР, первый тур обследования проведен в 1986-1988 гг., по результатам которого реализован зональный принцип ведения сельскохозяйственного производства в рамках 4-х зон по плотности загрязнения ^{137}Cs : 37-185 (1-5), 185-555 (5-15), 555-1480 (15-40) и более 1480 (40) кБк/м² (Ки/км²). Уникальное по масштабам обследование сельскохозяйственных земель в период с 20 мая по 15 июня 1986 г. позволило передать первые картосхемы радиационной обстановки в хозяйства в 12 областях Беларуси, России и Украины. В 1987 году карты переданы во все хозяйство Брянской, Тульской, Калужской и Орловской областей, что обеспечило органы управления информацией для принятия решений по организации АПК.

5.4 Международное сотрудничество в области преодоления последствий аварии на ЧАЭС

Развитие радиоэкологии как самостоятельной научной дисциплины до начала 1970-х годов во многом определялось логикой «холодной войны» и оборонными задачами Советского Союза и Соединённых Штатов Америки. Исследования были сосредоточены на изучении последствий ядерных испытаний, проблемах, связанных обращением с радиоактивными отходами при производстве ядерного оружия, реабилитацией территорий после возможного ядерного конфликта и оценкой радиационных рисков для населения и персонала. Исследования проводились преимущественно в условиях строгой сек-

ретенности на закрытых объектах атомной промышленности (таких как комбинаты «Маяк», СХК, горно-химические комбинаты) и на полигонах для испытаний ядерного оружия (Семипалатинский, Новая Земля, полигоны США и Франции). Эта «закрытость» сформировала изолированные национальные научные школы. Поскольку большинство работ носило закрытый характер, прямые контакты и обмен данными между радиоэкологами СССР и зарубежных стран были крайне ограничены и формализованы. Площадками для осторожного международного взаимодействия в то время служили лишь немногие аполитичные структуры, такие как Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) и Научный комитет ООН по действию атомной радиации (НКДАР), где обсуждались в основном фундаментальные, а не прикладные аспекты.

Чернобыльская катастрофа 26 апреля 1986 года стала беспрецедентным поворотным моментом, кардинально изменившим ландшафт радиоэкологии и послужившим мощнейшим импульсом для вынужденного и широкого международного сотрудничества. Она обнажила фундаментальную уязвимость глобальной экосистемы перед трансграничным характером радиационной угрозы. С одной стороны, радиоактивное загрязнение, выявленное в Швеции и некоторых других странах еще до официального сообщения из СССР, затронуло не только территорию Украинской, Белорусской и Российской ССР, но и многие страны Западной и Северной Европы, сделав проблему глобальной. С другой стороны, под сомнение были поставлены сама философия безопасности и перспективы развития мировой ядерной энергетики, что породило острую необходимость совместного, открытого и скоординированного изучения многоплановых последствий крупномасштабной аварии.

В первые, наиболее критические годы после аварии практические работы по ликвидации её непосредственных последствий (создание саркофага разрушенного блока, дезактивация, эвакуация) Советский Союз вёл практически самостоятельно, демонстрируя мобилизационные возможности системы,

но без активного привлечения других государств. Исключением стала специализированная медицинская помощь в лечении пострадавших от острой лучевой болезни в 6-й клинической больнице Москвы и некоторые гуманитарные проекты (Ильин, 1994). Однако на дипломатическом и экспертном уровнях потребность в диалоге стала очевидной сразу. В рамках авторитетных международных организаций, таких как МАГАТЭ, НКДАР, МКРЗ и ВОЗ, информация о физических причинах и масштабах аварии начала предоставляться достаточно полно уже летом 1986 года (Итоговый доклад ..., 1988). Знаковым событием стало выступление на специальной сессии МАГАТЭ в августе 1986 года главы советской делегации академика В.А. Легасова, который представил первый подробный официальный доклад «Авария на Чернобыльской АЭС и её последствия», что положило начало новой эре открытости в ядерной сфере (Информация об аварии ..., 1986). Практическим итогом этого активного взаимодействия стали два основополагающих международно-правовых соглашения, разработанных в рекордные сроки: Конвенция об оперативном оповещении о ядерной аварии и Конвенция о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации (обе подписаны в Вене 26 сентября 1986 года). Эти документы, рождённые чернобыльским опытом, создали первую глобальную правовую рамку для реагирования на радиационные инциденты и спустя четверть века сыграли ключевую роль в координации действий после аварии на АЭС «Фукусима-1» в Японии.

Научное осмысление последствий Чернобыльской аварии также началось достаточно быстро. Первые прогнозы медицинских последствий, основанные на модельных расчётах и ограниченных данных, были сделаны осенью 1986 года (Медицинские аспекты ..., 1988; Медицинские последствия ..., 2006; Булдаков и др., 1987), а их широкое и открытое международное обсуждение впервые состоялось на крупной конференции в Киеве в 1988 году (Медицинские аспекты ..., 1988). Эти форумы стали катализатором для сотен совмест-

ных исследовательских программ. Всесторонний, основанный на эпидемиологических данных анализ последствий для здоровья населения в долгосрочной перспективе был позже проведён НКДАР ООН в его авторитетных докладах 1988 и 2000 годов (UNSCEAR, 1988; Научный комитет ..., 2001). Параллельно Доклад Международной консультативной группы по ядерной безопасности (INSAG) (Итоговый доклад ..., 1988) заложил концептуальные основы современного подхода к ядерной безопасности, сместив фокус с технических систем на «человеческий фактор» и культуру безопасности.

Важным организационным шагом стала реализация крупномасштабного Международного Чернобыльского проекта, начатого в 1991 году под эгидой МАГАТЭ (Международный ..., 1992). Это был первый проект такого масштаба, позволивший иностранным экспертам напрямую работать на загрязнённых территориях. В нём участвовали более 200 специалистов из 23 стран, изучавшие радиологические последствия для человека и окружающей среды комплексно. В результате была проведена независимая верификация обширного массива данных по радиационному мониторингу сельхозугодий и продукции, а также по эффективности защитных мер (контрмер) в агропромышленном комплексе России, Украины и Беларуси, что существенно дополнило и уточнило информацию, ранее представленную СССР на конференции МАГАТЭ в 1987 году.

Европейская комиссия, осознавая стратегическую важность проблемы для континента, инициировала дальнейшее системное развитие сотрудничества в рамках специальной четырёхлетней научной программы (1992–1995 гг.), включившей 16 совместных проектов (Kelly et al., 1996; Ehrhardt, Shershakov, 1996; IAEA, 2001; De Cort, 1998). Эти проекты имели ярко выраженную практическую направленность. Исследования, охватившие поведение ключевых радионуклидов (цезия-137, стронция-90) во всех средах — от почв и водных систем до лесных экосистем, — проводились совместными командами специалистов Беларуси, России, Украины и стран ЕС. Значительная

часть полевых работ была сосредоточена в уникальной природной лаборатории — 30-километровой зоне отчуждения ЧАЭС. Это беспрецедентное по масштабам сотрудничество с участием более 200 институтов и лабораторий привело к качественному скачку: оно значительно углубило научные знания в области радиоэкологии, позволило создать более точные модели для оценки рисков и сформировать научно обоснованные стратегии реабилитации загрязнённых территорий. Координацию огромной работы по этим проектам осуществляли ведущие учёные европейских стран, Беларуси, России и Украины, в том числе ключевые Российские специалисты Р.М. Алексахин, Ю.А. Израэль, Ф.А. Тихомиров, В.М. Шершаков и другие, чей опыт стал широко востребован на мировом уровне. Проведение этих исследований также позволило впервые обобщить обширную информацию о загрязнении территорий Европы, включая Республику Беларусь, Россию и Украину и создать международный Атлас загрязнения Европы цезием после Чернобыльской аварии, в создание которого большой вклад внесли Е.В. Квасникова, И.М. Назаров, Ш.Д. Фридман и другие сотрудники ФГБУ «ИГКЭ» (De Cort, 1998).

Одним из ключевых интеллектуальных направлений программы было обобщение накопленного опыта для повышения эффективности аварийного реагирования в будущем. В рамках этого направления велась разработка сложных программных комплексов — систем поддержки принятия решений, самой известной из которых стала платформа RODOS, предназначенная для моделирования последствий аварии и планирования защитных мероприятий (Ehrhardt, Shershakov, 1996). Параллельно, адаптируя международный опыт к национальным условиям, ВНИИСХР создал собственные эффективные системы FORCON (для прогнозирования загрязнения сельхозпродукции) и PRANA (для оценки радиационной обстановки) (Fesenko et al., 1996; Yatsalo, 2007).

Совместные исследования продолжились и после 1996 года, интегрируясь в более широкие рамочные программы ЕС, такие как КОПЕРНИКУС, где

ВНИИСХР на конкурсной основе участвовал в проектах, касающихся реабилитации лесов (FORECO), лугов и животноводства. Параллельно развивалось партнёрство на двусторонней основе. Новый этап был связан с инициативой Франции и Германии, подписавших в 1997 году соглашение об оказании целевой научно-технической помощи пострадавшим странам. Центральным стал масштабный проект «Радиоэкология», направленный на создание унифицированных баз пространственных данных о миграции радионуклидов, что было необходимо для долгосрочного прогнозирования. В этот же период выполнялись проекты международной ассоциации INTAS, финансируемые ЕС, которые были сфокусированы на фундаментальных аспектах, таких как изучение поведения радионуклидов в почвах и процессах их закрепления.

К началу 2000-х годов, однако, накопились значительные разногласия в оценках, особенно касающихся медико-демографических последствий аварии, между научным сообществом и общественными организациями, что порождало социальную напряжённость. Для консолидации мнений и выработки авторитетной позиции МАГАТЭ в 2003 году выступило инициатором создания Чернобыльского форума — уникальной платформы с участием восьми специализированных организаций ООН (МАГАТЭ, ВОЗ, ПРООН, ФАО и др.) и представителей правительств Беларуси, России и Украины (IAEA, 2001; IAEA, 2006). Его итоговые доклады («Здоровье» и «Окружающая среда»), одобренные на заключительном заседании в Вене в 2005 году, стали эталонными. Они констатировали адекватность и своевременность первоначальных защитных мер, но также чётко указали на необходимость стратегического смещения акцента с чисто радиологических задач на комплексное социально-экономическое и психологическое возрождение пострадавших регионов (IAEA, 2006). Активное участие в работе экспертных групп Форума приняли ведущие специалисты ВНИИСХР (ныне Курчатовский комплекс радиологии и агроэкологии НИЦ «Курчатовский институт») (Р.М. Алексахин, С.В. Фесенко), что укрепило авторитет Российской научной школы.

С конца 1990-х годов оперативное и практико-ориентированное сотрудничество в рамках Программы технического сотрудничества (ТС) МАГАТЭ приобрело особый размах и регулярный характер. С 1999 года последовательно реализовывались многолетние региональные проекты ТС для Беларуси, России и Украины, каждый из которых был нацелен на решение конкретных прикладных задач: от реабилитации населённых пунктов и разработки систем поддержки принятия решений (включая ReSCA, основанную на новой философии МКРЗ (Recommendations ..., 2007; Jacob et al., 2009; Ulanovsky et al., 2011)) до поддержки возвращения к нормальным условиям жизни. Параллельно развивался целый спектр других инициатив: проект ICRIN Программы развития ООН, фокусирувавшийся на достоверном информировании населения; масштабные совместные программы Союзного государства Беларуси и России; а также многочисленные прямые контакты и совместные исследования учёных трёх пострадавших стран, ставшие основой для формирования общего научного пространства. Важным продуктом этого сотрудничества является атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (Атлас ..., 2009), подготовленный под научным руководством Ю. А. Израэля и И.М. Богдевича.

Данные, полученные в ходе масштабных международных исследований последствий аварии на Чернобыльской АЭС, послужили уникальной эмпирической основой для развития теоретических представлений и прогностических моделей долгосрочного поведения радионуклидов в окружающей среде. Для систематизации этих знаний и верификации математических инструментов Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) выступило координатором серии последовательных международных сравнительных программ. Их эволюция отражает смещение акцента от фундаментального сравнения моделей к решению прикладных задач реабилитации территорий. Начальный этап валидации моделей, инициированный в ответ на Чернобыль, включал

программы BIOMOVIS (1985–1996), ставшую первой крупной программой по сравнению моделей переноса в биосфере, и VAMP (1990–1996), специализированную программу по валидации моделей для водных экосистем, где ключевыми тестовыми сценариями стали данные по рекам Ипуть, Припять и Днепр (Testing of Environmental ..., 2003).

За ним последовал этап комплексного анализа, представленный программой BIOMASS (1996–2001), которая заложила методологическую базу для моделирования в геологической среде, экосистемах и оценки биоразнообразия. Дальнейшее развитие получило этапом интегрированной оценки в рамках широкомасштабных проектов EMRAS (2003–2009) и EMRAS II (2009–2014), охвативших моделирование для городских сред, загрязненных территорий и дикой природы. Практические задачи реабилитации территорий выдвинулись на первый план в ходе этапа практической реабилитации, реализованного через программы MODARIA (2012–2015) и MODARIA II (2016–2020), сфокусированные на создании инструментов для оптимизации восстановления окружающей среды после аварийного загрязнения. В настоящее время продолжается современный этап интеграции в рамках действующей согласованной исследовательской платформы MEREIA (2021–2025), объединяющей задачи радиационной защиты человека и окружающей среды, где моделирование остаётся ключевым компонентом.

В рамках этих проектов детально изучалось поведение радионуклидов в сельскохозяйственных, лесных, пресноводных и морских экосистемах, разрабатывались методы дозиметрии для дикой природы, анализировались сценарии последствий радиационных аварий, исследовалась кинетика радионуклидов в природных организмах (Avila et al., 1999; Fesenko et al., 1999; Modelling ..., 2002).

На протяжении более 35 лет российские ученые были не просто участниками, а одними из лидеров этого процесса, внося фундаментальный вклад как в прикладные исследования, так и в развитие методологии радиоэкологии.

ВНИИСХР играл ключевую роль в международных проектах по верификации и совершенствованию моделей переноса. Специалисты института, такие как С.В. Фесенко (координатор этой деятельности в МАГАТЭ), Н.И. Санжарова, Н.Н. Исамов и О.А. Шубина, оказали определяющее влияние на создание и актуализацию основополагающих справочников МАГАТЭ (TRS 472, TRS 475, TECDOC-1616, TECDOC-1927 и др.). Эти издания, содержащие параметры переноса радионуклидов, стали мировыми стандартами для моделирования (Quantification ..., 2009; Handbook ..., 2010).

Кроме того, ВНИИСХР выступил ключевым партнером в совместных научных проектах МАГАТЭ и Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО). Эти проекты были направлены на оптимизацию ведения растениеводства на загрязненных территориях с применением изотопных и агрохимических методов, разработку классификации почв по чувствительности к радиоактивному загрязнению и потенциалу самоочищения (Kuznetsov et al., 2002a; Kuznetsov et al., 2002b; Fesenko et al., 2000; Sanzharova et al., 2006), углубленное изучение экологической роли и долгосрочного поведения радиоактивных частиц («горячих частиц») (Radioactive Particles ..., 2011;

Salbu et al., 2019; Fesenko et al., 2019; Kozmin et al., 2020), гармонизацию подходов к радиационному мониторингу в агропромышленном комплексе в поставарийный период, а также разработку и апробацию моделей миграции радионуклидов в лесных и аграрных экосистемах (С.В. Мамихин, С.В. Фесенко, С.И. Спиридонов) (Modelling ..., 2002).

Таким образом, многолетнее активное участие российских институтов и специалистов в программах МАГАТЭ не только укрепило международный научный авторитет страны, но и напрямую способствовало формированию современных глобальных стандартов в области радиоэкологического моделирования и оценки радиационных рисков.

Авария на АЭС «Фукусима-1» в 2011 году наглядно подтвердила глобальную востребованность и уникальность накопленного чернобыльского

опыта. ВНИИСХР де-факто стал главной экспертной организацией в России, консультирующей японских коллег по самым сложным вопросам сельскохозяйственной радиологии и реабилитации земель. Сотрудничество приобрело интенсивный характер: С.В. Фесенко участвовал в многочисленных полевых миссиях в префектуре Фукусима, читал лекции для японских специалистов, входил в международный консультационный комитет при правительстве Японии и участвовал в подготовке основных документов международных организаций, направленных на смягчение последствий аварии на этой АЭС (Health risk ..., 2013; Sources ..., 2014; The Fukushima ..., 2015). Это сотрудничество продолжается и сегодня в форме совместных научных грантов, например, по изучению радиационных эффектов на хвойные леса.

Таким образом, эволюция международного сотрудничества в радиоэкологии, инициированная Чернобылем, прошла путь от вынужденного обмена данными в условиях катастрофы до становления устойчивой системы совместных исследований, создания международных правовых норм и глобальных экспертных сетей. Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН (2016) о провозглашении 26 апреля Международным днём памяти о чернобыльской катастрофе и призыв к продолжению сотрудничества закрепили этот тренд на высшем политическом уровне. Сегодня планируются новые амбициозные проекты МАГАТЭ с участием десятков стран, углубляются связи с европейскими и азиатскими научными центрами. Активная и ведущая роль российских ученых в этом процессе на протяжении десятилетий наглядно свидетельствует о высокой востребованности и конкурентоспособности российской радиоэкологической школы на мировой арене и позволяет с уверенностью смотреть на её будущее развитие в условиях новых вызовов.

Список литературы к разделу 5

1. 10 лет Чернобыльской катастрофы: Итоги и проблемы преодоления ее последствий в России : Российский национальный доклад. — Москва, 1996. — Текст : непосредственный.
2. 20 лет чернобыльской катастрофы. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России : Российский национальный доклад. — Москва, 2006. — Текст : непосредственный.
3. 20 лет Чернобыльской катастрофы: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2006 : Российский национальный доклад / под редакцией С. К. Шойгу, Л. А. Большова. — Москва, 2006. — 92 с. — Текст : непосредственный.
4. 25 лет Чернобыльской аварии: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2011 : Российский национальный доклад / под редакцией С. К. Шойгу, Л. А. Большова. — Москва, 2011. — 160 с. — Текст : непосредственный.
5. 30 лет Чернобыльской аварии: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2016 : Российский национальный доклад / под редакцией В. А. Пучкова, Л. А. Большова. — Москва, 2016. — 202 с. — Текст : непосредственный.
6. 35 лет Чернобыльской аварии: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2021 : Российский национальный доклад / под общей редакцией Л. А. Большова. — Москва, 2021. — 104 с. — Текст : непосредственный.
7. Авария на Чернобыльской АЭС и ее последствия: Информация, подготовленная для совещания экспертов МАГАТЭ (25—29 августа 1986 г., г. Вена) / Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР. — Москва, 1986. — Текст : непосредственный.
8. Авария на Чернобыльской АЭС. — Текст : электронный // Руниверсалис : энциклопедия. — URL: <https://руни.рф/> (дата обращения: 12.03.2026).
9. Анисимов, А. П. Влияние аварии на Чернобыльской атомной электростанции на развитие российского экологического и социального законодательства / А. П. Анисимов // Земельное право; природоресурсное право; экологическое право; аграрное право. — 2016. — № 1. — С. [указать страницы]. — Текст : непосредственный.
10. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА

- Россия-Беларусь) / под редакцией Ю. А. Израэля, И. М. Богдевича. — Москва ; Минск : Фонд «Инфосфера»-НИА-Природа, 2009. — 140 с.
11. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия-Беларусь) / под редакцией Ю. А. Израэля, И. М. Богдевича. — Москва–Минск : Фонд «Инфосфера»–НИА-Природа, 2009. — 140 с. — Текст : непосредственный.
 12. Булдаков, Л. А. Оценка дозовой нагрузки на население и долгосрочных радиологических последствий в результате аварии на ЧАЭС / Л. А. Булдаков [и др.] // Ближайшие и отдаленные последствия радиационной аварии на Чернобыльской АЭС / под редакцией Л. А. Ильина, Л. А. Булдакова. — Москва : Министерство здравоохранения СССР, 1987. — С. 5–17.
 13. Вакуловский, С. М. Радиационная обстановка на территории России, пострадавшей от аварии на Чернобыльской АЭС / С. М. Вакуловский // Чернобыль: экология, человек, здоровье : сборник материалов / под общей редакцией Т. А. Марченко. — Москва : ИБРАЭ РАН, 2006. — С. 33-37. — Текст : непосредственный.
 14. Государственная программа неотложных мер на 1990-1992 годы по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. Утверждена постановлением Верховного Совета СССР от 25 апреля 1990 года № 1452-1.
 15. Государственная союзно-республиканская программа неотложных мер на 1990-1992 годы по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС : утверждена Верховным Советом СССР. — Текст : непосредственный.
 16. Государственная союзно-республиканская программа по охране здоровья детей от воздействия последствий чернобыльской катастрофы на 1991-1995 годы : утверждена постановлением Совета Министров СССР от 19 декабря 1990 года № 1312. — Текст : непосредственный.
 17. Гуманитарные последствия аварии на Чернобыльской АЭС. Стратегия реабилитации. — Нью-Йорк – Минск – Киев – Москва, 2002. — Текст : непосредственный.
 18. Единая государственная программа по защите населения Российской Федерации от воздействия последствий чернобыльской катастрофы на 1992-1995 годы и на период до 2000 года : утверждена постановлением Верховного Совета Российской Федерации от 14 июля 1993 года № 5437-1 в части неотложных мер на 1993-1995 годы. — Текст : непосредственный.

19. Закон РСФСР от 15.05.91 № 1244-1 “О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на черновыль-ской АЭС”.
20. Закон РСФСР от 15.05.91 № 1244-1 “О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на черновыль-ской АЭС”. — Текст : непосредственный.
21. Закон РСФСР от 27 октября 1960 г. «Об охране природы в РСФСР». — Текст : электронный // КонсультантПлюс : справочная правовая система. — URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 14.03.2026)
22. Ильин, Л. А. Реалии и мифы Чернобыля. — Москва : AlaraLimited, 1994. — 448 с.
23. Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и её последствиях, подготовленная для МАГАТЭ // Атомная энергия. — 1986. — Ноябрь (т. 61, вып. 5). — С. 301-320
24. Итоговый доклад о совещании по рассмотрению причин и последствий аварии в Чернобыле : доклад Международной консультативной группы по ядерной безопасности. — Вена : МАГАТЭ, 1988. — 37 с.
25. Киселев, И. Н. Российское законодательство о социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, и проблемы его совершенствования : диссертация ... кандидата юридических наук / Киселев И.Н. — Москва, 2000. — Текст : непосредственный.
26. Концепция радиационной, медицинской, социальной защиты и реабилитации населения Российской Федерации, подвергшегося аварийному загрязнению / Российская научная комиссия по радиационной защите (РНКРЗ). — 1995. — Текст : непосредственный.
27. Краткий курс истории. Трагедия в Чернобыле. — Текст : электронный // History.ru : [сайт]. — URL: <https://history.ru/> (дата обращения: 12.03.2026).
28. Малышев, В. П. Научные проблемы, решаемые в ходе преодоления последствий чернобыльской катастрофы. Уроки техногенных катастроф / В. П. Малышев // Проблемы анализа риска. — 2016. — Т. 13, № 3. — С. [указать страницы]. — Текст : непосредственный.
29. Медицинские аспекты аварии на Чернобыльской атомной электростанции : материалы научной конференции, 11–13 мая 1988 г., Киев. — Киев : Здоровье, 1988. — С. 24

30. Медицинские последствия Чернобыльской аварии и специальные программы здравоохранения. — Женева : ВОЗ, 2006. — 77 с.
31. Международный консультативный комитет. Международный Чернобыльский проект : технический доклад «Оценка радиологических последствий и защитных мер». — Вена : МАГАТЭ, 1992. — 93 с.
32. Международный Чернобыльский проект. Оценка радиологических последствий и защитных мер. — Москва : ИЗДАТ, 1991. — Текст : непосредственный.
33. Наследие Чернобыля: медицинские, экологические и социально-экономические последствия и рекомендации правительствам Беларуси, Российской Федерации и Украины. Чернобыльский Форум: 2003-2005. — 2-е, исправленное издание. — Текст : непосредственный.
34. Научный комитет ООН по действию атомной радиации. Источники и эффекты ионизирующей радиации : отчет за 2000 год с приложениями / перевод с английского под редакцией Ю. С. Рябухина, С. П. Ярмоненко. — Москва : РАДЭКОН, 2001. — 84 с.
35. Неотложные мероприятия по защите населения Российской Федерации от воздействия последствий чернобыльской катастрофы на 1996-1997 годы : утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 6 марта 1996 года № 257. — Текст : непосредственный.
36. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) : Санитарные правила. СП 2.6.1.758-99. — Москва : Минздрав России, 1999. — Текст : непосредственный.
37. Нормы радиационной безопасности НРБ-76 и Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений. — 2-е издание, переработанное и дополненное. — Москва : Энергоиздат, 1981. — Текст : непосредственный.
38. Панов, А. В. Влияние сельскохозяйственных контрмер на облучение населения территорий, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС / А. В. Панов, С. В. Фесенко, Н. И. Санжарова [и др.] // Радиация и риск. — 2006. — Т. 46, № 2. — С. 273-279. — Текст : непосредственный.
39. Программа совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союза Беларуси и России на 1998-2000 годы : утверждена постановлением Исполнительного комитета Союза Беларуси и России от 10.06.98г. № 1. — Текст : непосредственный.
40. Программа совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства на 2002–2005 годы :

- утверждена постановлением Совета Министров Союзного государства от 9 апреля 2002 года № 17. — Текст : непосредственный.
41. Программа совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства на 2006–2010 годы : утверждена постановлением Совета Министров Союзного государства от 26 сентября 2006 года № 33. — Текст : непосредственный.
42. Рекомендации по ведению кормопроизводства на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях северной части лесостепной зоны / авторы: Н. И. Санжарова, В. К. Кузнецов, Н. Н. Исамов (мл.) [и др.]. — Обнинск : ВНИИСХРАЭ, 2009. — 109 с. — Текст : непосредственный.
43. Рекомендации по ведению сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территории в результате аварии на Чернобыльской АЭС на период 1991-1995 г.г. / под редакцией Р. М. Алексахина. — Москва : Государственная комиссия Совета Министров СССР по продовольствию и закупкам : ВНИИСХР РАСХН, 1991. — 57 с. — Текст : непосредственный.
44. Российский национальный доклад «30 лет чернобыльской аварии: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России. 1986—2016» // Под общей редакцией В. А. Пучкова и Л. А. Большова. Москва, 2016. - 202 с.
45. Санжарова, Н. И. Авария на Чернобыльской АЭС и проблемы реабилитации сельскохозяйственных территорий / Н. И. Санжарова, А. Н. Ратников, С. В. Фесенко [и др.] // История науки и техники. — 2020. — № 7. — С. 73-89. — Текст : непосредственный.
46. Сборник нормативных и методических документов, регламентирующих ведение сельского хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС : в 3 томах / под редакцией Н. И. Санжаровой. — Обнинск : Социальные науки, 2006. — Т. 1. — 467 с. ; Т. 2. — 381 с. ; Т. 3. — 384 с. — Текст : непосредственный.
47. Три взрыва, изменившие мир: как Чернобыль породил международное ядерное право. — Текст : электронный // Международное ядерное право : [сайт]. — URL: <https://science.mail.ru/articles/7059-kak-chernobyl-porodil-yadernoe-pravo/> (дата обращения: 12.03.2026).
48. Уроки Чернобыля. 35 лет со дня крупнейшей аварии XX века // РЭА. Росатом : Ежемесячный журнал атомной энергетики России. — 2021. — № 4. — 54 с. — Текст : непосредственный.
49. Федеральная целевая программа «Дети Чернобыля» (2001-2002 годы) : утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 25 августа 2000 года № 625. — Текст : непосредственный.

50. Федеральная целевая программа “Дети Чернобыля” в составе федеральной программы “Дети России” : утверждена постановлением Совета Министров – Правительства Российской Федерации от 9 сентября 1993 года № 909. — Текст : непосредственный.
51. Федеральная целевая программа “Дети Чернобыля” на 1998-2000 годы : утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 19 сентября 1997 года № 1207. — Текст : непосредственный.
52. Федеральная целевая программа “Обеспечение жильем участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС в 1995-1997 годах” : утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 24 мая 1995 года № 511. — Текст : непосредственный.
53. Федеральная целевая программа “Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2010 года” : утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 29 августа 2001 года № 637. — Текст : непосредственный.
54. Федеральная целевая программа по защите населения Российской Федерации от воздействия последствий чернобыльской катастрофы на период до 2000 года : утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 28 августа 1997 года № 1112. — Текст : непосредственный.
55. Федеральный закон “О радиационной безопасности населения” от 9 января 1996 года. — Текст : непосредственный.
56. Чернобыль: 15 лет спустя / МЧС России ; под общей редакцией Н. В. Герасимовой. — Москва, 2001. — Текст : непосредственный.
57. Чернобыльская катастрофа. Итоги и проблемы преодоления ее последствий в России. 1986-2001 : Российский национальный доклад. — Москва, 2001. — Текст : непосредственный.
58. Avila, R. Conceptual overview of forestland – a model to interpret and predict temporal and spatial patterns of radioactively contaminated forest landscapes / R. Avila, L. Moberg, L. Hubbard [et al.] // Contaminated Forests. Recent Developments in Risk Identification and Future Perspectives / edited by Igor Linkov, William R. Schell. — Kluwer Academic Publishers, 1999. — Vol. 58. — P. 173–183. — (NATO Science Series. 2, Environmental Security).
59. De Cort, M. Atlas of Caesium Deposition on Europe after the Chernobyl Accident / M. De Cort. — Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 1998. — Rep. 16733.
60. Ehrhardt, J. Real-time on-line decision support systems (RODOS) for off-site emergency management following a nuclear accident / J. Ehrhardt, V. M. Sher-shakov. — EUR 16533. — 1996.

61. Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience : Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group «Environment» (EGE). — Vienna : IAEA, 2006. — 166 p. — Текст : непосредственный.
62. Fesenko, S. FORCON: Local decision support system for the provision of advice in agriculture – Methodology and experience in application / S. Fesenko, N. Sanzharova, A. Nisbet [et al.] // Radiation Protection Dosimetry. — 1996. — Vol. 64, № 1/2. — P. 157–164.
63. Fesenko, S. Review of Russian research with radioactive particles: Foliar uptake / S. Fesenko, G. Kozmin, N. Sanzharova, V. Epimakhov // Journal of Environmental Radioactivity. — 2019. — Vol. 204. — P. 21–36.
64. Fesenko, S. V. Modelling of ^{137}Cs behaviour in forest game food chains / S. V. Fesenko, S. Spiridonov, R. Avila // Contaminated Forests. Recent Developments in Risk Identification and Future Perspectives / edited by Igor Linkov, William R. Schell. — Kluwer Academic Publishers, 1999. — Vol. 58. — P. 239–247. — (NATO Science Series. 2, Environmental Security).
65. Fesenko, S. V. Site characterisation techniques used in restoration of agricultural areas on the territory of the Russian federation contaminated after the accident at the Chernobyl NPP / S. V. Fesenko, R. M. Alexakhin, N. I. Sanzharova. — Vienna : IAEA, 2000. — P. 129–152. — (IAEA-TECDOC ; 1148).
66. Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. — Vienna : IAEA, 2010. — 331 p.
67. Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami. — Geneva : WHO, 2013. — 166 pp.
68. International Atomic Energy Agency. Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience : report of the UN Chernobyl Forum Expert Group «Environment» (EGE). — Vienna : IAEA, 2006. — 166 p.
69. International Atomic Energy Agency. Present and future environmental impact of the Chernobyl accident. — Vienna : IAEA, 2001. — 128 p. — (IAEA-TECDOC ; 1240).
70. Jacob P. et al. Remediation strategies for rural territories contaminated by the Chernobyl accident / P. Jacob, S. Fesenko, S. K. Firsakova [et al.] // Journal of Environmental Radioactivity. — 2001. — Vol. 56. — P. 51–76. — Текст : непосредственный.

71. Jacob, P. Rural areas affected by the Chernobyl accident: Radiation exposure and remediation strategies / P. Jacob, S. Fesenko, I. Bogdevich [et al.] // *The Science of the Total Environment*. — 2009. — Vol. 408, № 1. — P. 14–25.
72. Kelly, G. N. Environmental contamination, radiation doses and health consequences after the Chernobyl accident / G. N. Kelly, V. M. Shershakov (Eds.) // *Radiation Protection Dosimetry*. — 1996. — Vol. 64, Special Commemorative Issue. — P 65-83.
73. Kozmin, G. V. Environmental behaviour of radioactive particles: Transfer to animals / G. V. Kozmin, S. V. Fesenko, A. S. Snegirev [et al.] // *Journal of Environmental Radioactivity*. — 2020. — Vol. 213. — P. 439-445.
74. Kuznetsov, V. K. Evaluation of the agronomic effectiveness of rock phosphates from the Polpino deposit in the Russian Federation and their potential to reduce ^{137}Cs accumulation in plants / V. K. Kuznetsov, N. I. Sanzharova, R. M. Alexakhin // *Assessment of soil phosphorus status and management of phosphatic fertilisers to optimise crop production*. — Vienna : IAEA, 2002. — P. 371–377. — (IAEA-TECDOC ; 1272).
75. Kuznetsov, V. K. The effect of rock phosphate on the content of mineral phosphate forms in sod-podzolic soils / V. K. Kuznetsov, N. I. Sanzharova, R. M. Alexakhin // *Assessment of soil phosphorus status and management of phosphatic fertilisers to optimise crop production*. — Vienna : IAEA, 2002. — P. 365–370. — (IAEA-TECDOC ; 1272).
76. *Modelling the Migration and Accumulation of Radionuclides in Forest Ecosystems*. — Vienna : IAEA, 2002. — 127 pp. — (IAEA BIOMASS Report ; 1).
77. *Quantification of Radionuclide Transfers in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments*. — Vienna : IAEA, 2009. — 616 pp. — (IAEA-TECDOC ; 1616).
78. *Radioactive Particles in the Environment: Sources, Particle Characterization and Analytical Techniques*. — Vienna : IAEA, 2011. — 77 pp. — (IAEA-TECDOC ; 1663).
79. Ratnikov, A. N. The use of hexacyanoferrates in different forms to reduce radio-caesium contamination of animal products in Russia / A. N. Ratnikov, A. V. Vasiliev, E. G. Krasnova [et al.] // *Science of the Total Environment*. — 1998. — Vol. 223. — P. 167–176. — Текст : непосредственный.
80. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection ICRP*. — Publication 103. — *Annals ICRP* 37(2-4). — Amsterdam : Elsevier, 2007.

81. Salbu, B. Radioactive particle characteristics, environmental behaviour and potential biological impact / B. Salbu, S. Fesenko, A. Ulanowski // *Journal of Environmental Radioactivity*. — 2019. — Vol. 201. — P. 56–77.
82. Sanzharova N. I. et al. Behaviour of radionuclides in meadows and efficiency of countermeasures / N. I. Sanzharova, S. V. Fesenko, V. A. Kotik [et al.] // *Radiation Protection Dosimetry*. — 1996. — Vol. 64, № 1/2. — P. 43–48. — Текст : непосредственный.
83. Sanzharova, N. The classification of Russian soil systems on the basis of transfer factors of radionuclides from soil to reference plants / N. Sanzharova, S. Spiridonov, V. Kuznetsov [et al.] // *Classification of soil systems on the basis of transfer factors of radionuclides from soil to reference plants*. — Vienna : IAEA, 2006. — P. 113–137. — (IAEA-TECDOC ; 1497).
84. Sources, effects and risks of ionizing radiation : Annex A – Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami. — New York : United Nations, 2014. — 54 p.
85. Testing of Environmental Transfer Models Using Chernobyl Fallout From the Iput River Catchment Area, Bryansk Region, Russian Federation. — Vienna : IAEA, 2003. — 332 pp. — (IAEA BIOMASS Report ; 4).
86. The Fukushima Daiichi Accident : Technical Volume 5/5, Post-accident Recovery. — Vienna : IAEA, 2015. — 208 pp.
87. Ulanovsky, A. ReSCA: decision support tool for remediation planning after the Chernobyl accident / A. Ulanovsky, P. Jacob, S. Fesenko [et al.] // *Radiation and Environmental Biophysics*. — 2011. — Vol. 50. — P. 67–83.
88. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation (1988 Report to the General Assembly, with Annexes) ; Annexes D and G. — New York : United Nations, 1988. — 136 p.
89. Yatsalo, B. I. Decision Support System for Risk Based Land Management and Rehabilitation of Radioactively Contaminated Territories: PRANA approach / B. I. Yatsalo // *International Journal of Emergency Management*. — 2007. — Vol. 4, № 3. — P. 504–523.

6. Создание Единой государственной автоматизированной системы мониторинга радиационной обстановки

6.1 От ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС к созданию Единой государственной автоматизированной системы мониторинга радиационной обстановки

Опыт, полученный при ликвидации последствий аварий на Чернобыльской АЭС, показал, что специфика процесса принятия решений в случае ядерных аварий состоит в том, что максимального эффекта от принимаемых решений можно достичь в начальный период (ранней фазе) аварии. Процесс анализа ситуации и принятия решений в условиях ядерной аварии невозможен без оперативной системы радиационного мониторинга, автоматического получения, накопления и обработки данных, применения компьютерных моделей распространения радиоактивных веществ в окружающей среде и системы поддержки принятия решений по защите населения и окружающей природной среды, работающих практически в реальном масштабе времени.

Поэтому в рамках различных национальных и международных программ, связанных с Чернобыльской проблемой, выполнялись многочисленные проекты, направленные на исследования и разработку комплекса методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих эффективную поддержку принятия решений аварийного реагирования от момента возникновения аварии до принятия решений по реализации набора контрмер, направленных на ликвидацию последствий радиоактивного загрязнения окружающей среды.

В октябре 1989 года правительство СССР официально обратилось к Международному агентству по атомной энергии (МАГАТЭ) с просьбой провести международную экспертизу разработанной в СССР концепции безопасного проживания населения на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС, и оценку эффективности мероприятий по охране здоровья населения, проводимых в этих райо-

нах. В связи с этим обращением был организован Международный чернобыльский проект с участием Комиссии европейских сообществ, Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Всемирной метеорологической организации (ВМО), Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР) и других организаций ООН.

Проект выполнялся исключительно на добровольной основе с участием большой группы тесно взаимодействующих экспертов из исследовательских институтов, университетов и организаций 25 стран и семи международных организаций. Результаты исследований представлены в докладе Международного консультативного комитета (МКК) Международного чернобыльского проекта на Международной конференции в Вене в мае 1991 года (Рис. 6.1).



Рисунок 6.1 - Доклад международного чернобыльского проекта

В Техническом докладе (Часть Г. Загрязнение окружающей среды) Международного чернобыльского проекта международными экспертами даны две важные для дальнейшей деятельности рекомендации:

1) «По-видимому, целесообразно рассмотреть вопрос об использовании в будущем в СССР апробированных моделей прогнозирования уровней содержания радионуклидов в объектах окружающей среды, что может оказаться экономически эффективным в долгосрочном плане и сократить необходимость проведения большого коли-

чества анализов»;

2) «Все данные о радиоактивном загрязнении из БССР, РСФСР и УССР следует направлять в Центральный банк данных СССР, с тем чтобы они были доступны всем республикам. Целесообразно, чтобы вся эта информация стала

доступна соответствующим Институтам и Учреждениям» (ФЗ № 170-ФЗ, 1995).

Итоги выполнения Международного чернобыльского проекта способствовали принятию Европейским парламентом отдельного бюджета для мероприятий по Чернобылю. Финансовые ресурсы, предоставленные Европейской



Рисунок 6.2 - Руководители Комитетов по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС от Белоруссии, России и Украины подписывают Соглашение о научном сотрудничестве с Комиссией Европейских Сообществ. (И. Кеник, Ю. Цатуров, Г. Готовчиц). Брюссель, 1992 год

Комиссией (ЕК) для третьей рамочной программы (1991-1995), составили 20 миллионов ЭКЮ, а общий бюджет вместе с вкладом институтов ЕК, участвующих в программе, составлял порядка 30 миллионов ЭКЮ. Этот бюджет использовался для поддержки 16 исследовательских проектов, в которых участвовало около 80 исследовательских групп в

Западной Европе и около 120 исследовательских групп в трех советских республиках. Для организации совместных исследований в июне 1992 года подписано «Соглашение о международном сотрудничестве по последствиям аварии на Чернобыльской АЭС» вице-президентом Европейской Комиссии Филиппо Мария Пандольфи, и руководителями соответствующих ведомств Беларуси, Российской Федерации и Украины (Рис. 6.2).

В рамках этого соглашения создан Координационный совет для надзора за реализацией исследовательских проектов с участием представителей ЕК и каждой из трех государств уже в составе Союза независимых государств

(СНГ). Координационный совет собирался два раза в год и выполнял ряд функций, включая надзор за программой, утверждение финансового управления, подтверждение проектов, координаторов и участвующих институтов.

Большой опыт получен в ходе этого научного сотрудничества ЕК с СНГ. Возникло множество трудностей, и потребовалось много усилий и инициативы при запуске программы. Однако эти трудности в значительной степени преодолены в ходе программы. Личные отношения между учеными и эффективные рабочие отношения между институтами в ЕК и СНГ развивались, создавая необходимую инфраструктуру для успешного сотрудничества. Для каждого проекта, одобренного Координационным советом, назначался научный координатор в ЕК, а также в СНГ. Их роли заключались в том, чтобы упорядочивать и облегчать сотрудничество между различными институтами в ЕС и СНГ соответственно, организовывать работу в рамках проектов, обеспечивать их успешное завершение и представлять отчеты о результатах.

Совместная программа исследований выполнялась в два этапа и включала исследования в трех областях:

- радиоактивное загрязнение среды, оценка и смягчение последствий (1991-1993 – 5 проектов, 1993-1994 – 8 проектов);
- эффекты для здоровья, диагностика и методы лечения (1992-1993 – 3 проекта, 1993-1994 – 6 проектов);
- системы поддержки принятия решений при аварийном реагировании (1991-1994 - 2 проекта).

Участие в реализации проектов совместной программы позволило российским ученым и специалистам улучшить свое понимание и знания о влиянии радиоактивного загрязнения на здоровье и окружающую среду и о том, как его можно уменьшить, оказать помощь тем, кто отвечает за оценку и смягчение последствий аварии, помочь правительствам пострадавших государств

сформировать рациональную политику в ответ на аварию и снизить негативные последствия в отношении всех людей, пострадавших от аварии. Результаты работы внесли значительный вклад в создание Единой государственной автоматизированной системы контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации (ЕГАСКРО).

Работы по созданию ЕГАСКРО на территории страны фактически начались в 1988 году, вскоре после аварии на Чернобыльской АЭС. В первые годы, в основном, выполнялись инициативные научно-исследовательские работы, в ходе которых отрабатывались концепция построения системы, ее состав, необходимая кооперация исполнителей работ, порядок проведения дальнейших работ. Участниками этих НИР был ряд организаций Минатомэнергопрома, Минобороны, Госкомгидромета. Однако финансирование работ по созданию системы фактически не начиналось, что объясняется тяжелой экономической ситуацией в стране.

Постановлением Правительства от 14.10.90 г. № 936-123 «О первоочередных мерах по созданию ЕГАСКРО на территории страны» установили сроки разработки аванпроекта (1990 г.) и эскизного проекта системы (1991 г.) и определены ответственные исполнители за создание и эксплуатацию основных подсистем ЕГАСКРО: Минобороны, Госкомгидромет, Минатомэнергопром, Минрадиопром, Минздрав и др.

В целях выявления и использования предложений всех заинтересованных научно-исследовательских учреждений и широкого обмена информацией по вопросам создания ЕГАСКРО, в том числе по проблемам создания технических средств контроля в ЦНПО «Комета» Минрадиопрома, НПО «Тайфун» Роскомгидромета, НИЦ «СНИИП» Минатомэнергопрома, постоянно проводились межведомственные технические совещания. В работе совещаний принимали участие специалисты из 50-ти НИУ различных министерств и ведомств.

Разработка эскизного проекта системы завершилась в 1991 г. Проект принят межведомственной комиссией, назначенной генеральным заказчиком (Управление начальника химических войск (УНХВ) Минобороны).

Во исполнение поручения Правительства Российской Федерации № М-П18-18479 от 18.05.92 г. Госатомнадзором представлен проект постановления Правительства Российской Федерации по созданию ЕГАСКРО, согласованный с Минэкологии (Роскомгидромет), ГКЧС, Минобороны, Минпромом, Минатомом, Минсвязи, Минтрансом, Минсельхозом, Минздравом, Госсанэпиднадзором и Госкомчернобылем.

Проектом постановления предлагалось определить генеральным заказчиком ЕГАСКРО Роскомгидромет Минэкологии, созаказчиками - ГКЧС России и УНХВ Минобороны, а головными исполнителями по общесистемному ведению работ по созданию ЕГАСКРО - НПО «Тайфун», ЦНПО «Комета» и НИЦ «СНИИП».

ЕГАСКРО предлагалось создать на основе имеющегося в министерствах и ведомствах научно-технического задела и разработанного ранее эскизного проекта в рамках Федеральной целевой программы с финансированием из средств федерального, региональных и местных бюджетов.

К проекту прилагался также перечень первоочередных работ на 1992-1993 гг. по дооснащению существующей сети радиационных наблюдений Роскомгидромета имеющимися и перспективными средствами измерения, сбора и передачи информации, созданию информационного научно-аналитического центра ЕГАСКРО в г. Обнинске на базе НПО «Тайфун», а также по разработке проектов центральных и типовых региональных звеньев системы и документации на базовые технические средства.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 20 августа 1992 г. № 600 «О Единой государственной автоматизированной системе контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации» руководство созданием, функционированием и дальнейшим развитием ЕГАСКРО

в целом возложили на Минприроды России, которому было предложено разработать общее техническое задание (ОТЗ) на ЕГАСКРО, определить порядок и источники финансирования работ по созданию, функционированию и дальнейшему развитию ЕГАСКРО, а также разработать и представить в Правительство Российской Федерации проект Федеральной целевой программы создания ЕГАСКРО (ФЦП ЕГАСКРО).

По разным причинам утверждение вышеуказанных документов произошло с большими задержками. Так, ФЦП ЕГАСКРО утверждена Постановлением Правительства РФ от 02.11.95 № 1085, а ОТЗ на ЕГАСКРО - Минприроды России 12 августа 1997 г.

Краткая характеристика состояния систем контроля радиационной обстановки в стране до создания ЕГАСКРО

В соответствии с ОТЗ наиболее развитые системы контроля радиационной обстановки имели Росгидромет, Минатом, Минобороны, Минздрав и Минсельхозпрод России.

Система радиационного мониторинга и лабораторного контроля Росгидромета осуществляла наблюдение за уровнями радиоактивного загрязнения объектов природной среды: почвы, атмосферного воздуха, поверхностных вод. В неё входила стационарная сеть из примерно 1400 метеостанций и постов, оснащенных приборами для определения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения, около 500 пунктов отбора проб для измерения суммарной бета активности атмосферных выпадений и концентрации радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферы и свыше 150 пунктов отбора проб атмосферных осадков и воды в основных водоемах. Действовало около 50 лабораторий, осуществляющих лабораторный анализ на гамма- и бета-активность, и специализированные подразделения, обеспечивающие оперативное обследование загрязненных территорий в случае аварий на радиационно-опасных объектах (РОО). Регулярные измерения мощности дозы гамма-излучения на

метеостанциях и постах позволяли решать задачи раннего предупреждения в случае возникновения ядерных аварий, а также задачи прогнозирования распространения радиоактивного загрязнения в окружающей среде с использованием метеорологических данных, получаемых на этих станциях.

Радиационный контроль в системе Минатома России осуществлялся объектовыми системами контроля, функционирующими на всех РОО отрасли. Основными задачами этих систем являлось обнаружение возможных утечек радиоактивных продуктов в звеньях технологического цикла, контроль дозовых уровней в рабочих помещениях, информационное обеспечение мероприятий по соблюдению норм радиационной безопасности, контроль сбросов и выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду. Функционировали объектовые службы внешней дозиметрии, осуществляющие регулярные наблюдения за уровнями радиоактивного загрязнения объектов природной среды на территориях санитарно-защитных зон и зон наблюдения РОО. На ряде объектов оборудованы автоматизированные системы контроля мощности дозы, функционирующие в непрерывном режиме, проводились работы по их совершенствованию.

Контроль радиационной обстановки на объектах Минобороны России осуществлялся специально подготовленными подразделениями, оснащенными необходимыми техническими средствами радиационной разведки. Измерения проводились в автоматизированном и неавтоматизированном режиме. Велась работа по созданию автоматизированной системы «Верёя». Разрабатывалась организационно-функциональная структура системы и создан опытный участок первой очереди. Система «Верёя» состояла из подсистем видов Вооруженных Сил и подсистем военных округов (флотов). В каждой из территориальных зон ответственности в пределах округа действовала сеть лабораторного контроля, обеспечивающая своевременную доставку проб от средств разведки в специальные лаборатории и их анализ. Информация от всех объектов в пределах военного округа в установленном порядке передавалась

в пункты управления соответствующих зон ответственности и по подчиненности. В этих пунктах информация обобщалась, после чего передавалась непосредственно на пункт управления подсистемы военных округов, а затем в оперативно-координационный центр системы.

В Минздраве России контроль за радиационным благополучием населения осуществляли около 230 радиологических подразделений территориальных центров службы госсанэпиднадзора, оснащенных лабораторным оборудованием для проведения радиометрических, дозиметрических и спектрометрических исследований. Ежегодно производилось несколько сотен тысяч таких исследований. Контролировалось содержание радиоактивных веществ в продуктах питания, питьевой воде и среде обитания человека. Осуществлялся контроль за сохранностью и безопасным использованием источников ионизирующих излучений, а также выборочный контроль и оценка доз облучения персонала объектов и населения. На особо радиационно-опасных объектах и прилегающих к ним территориях контроль облучения обеспечивался силами специальной службы медико-санитарного обеспечения, находящейся в ведении Федерального управления медико-биологических и экстремальных проблем при Минздраве России. В состав этой службы входило около 100 медико-санитарных частей и санитарно-эпидемиологических станций, которые функционировали и осуществляли контроль облучения населения в районах размещения РОО.

Служба радиологического контроля Минсельхозпрода России включала в себя государственные агрохимическую и ветеринарную службы. Первая осуществляла радиационный контроль почв сельскохозяйственных угодий, продукции растениеводства, кормов и удобрений силами радиологических отделов свыше 100 центров и станций агрохимслужбы и 7 центров агрохимрадиологии. Вторая силами более 80 радиологических отделов ветеринарных лабораторий субъектов Российской Федерации, 1200 районных и межрайонных ла-

бораторий, 1500 лабораторий ветсанэкспертизы на рынках, а также производственных ветеринарных лабораторий перерабатывающих предприятий, осуществлявших надзор за соблюдением ветеринарно-санитарных правил при производстве, переработке, хранении, транспортировке животноводческой продукции и при продаже сельхозпродукции на рынках. В течение многих лет на более чем 1700 контрольных участках и 400 контрольных пунктах, распределенных по всей территории России, проводились систематические радиологические измерения. Ежегодно проводилось свыше 1 млн. радиометрических, спектрометрических и радиохимических исследований и свыше 4 млн. измерений уровней гамма-фона.

В системе Госкомэкологии России функции радиационно-экологического контроля возложили на территориальные комитеты по охране окружающей среды и на Федеральный центр радиационно-экологического наблюдения и контроля. Специальные радиационно-экологические подразделения (отделы, группы), созданные примерно в половине территориальных комитетов, осуществляли контроль за сбросами и выбросами радиоактивных веществ и систематические наблюдения за их содержанием в объектах среды вблизи наиболее крупных РОО.

На всей территории страны действовала сеть наблюдения и лабораторного контроля, руководимая МЧС России. В чрезвычайных ситуациях в нее включались подразделения контроля радиационной обстановки вышеперечисленных и некоторых других министерств и ведомств (МПР России, Рослесхоз и др.). В целом она насчитывала свыше 40 специализированных научно-исследовательских организаций и около 1000 лабораторий местного уровня различной ведомственной принадлежности. Поступающая из этой сети информация использовалась для принятия решений органами управления МЧС России в рамках Автоматизированной информационно-управляющей системы для обеспечения деятельности Российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях (АИУС РСЧС).

Основными недостатками действующих систем и служб контроля радиационной обстановки были низкая оперативность получения, обобщения информации о параметрах радиационной обстановки, отсутствие необходимой координации в функционировании этих систем, методическая и метрологическая разобщенность, а также информационные барьеры, препятствующие комплексной оценке всей совокупности данных измерений. Существовавшая в то время система контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации не являлась единым целым ни в организационном, ни в техническом, ни в методическом плане. Данные, получаемые различными системами и службами, нередко дублировали друг друга и обычно трудно сопоставимы.

Очень слабо проработаны вопросы автоматизации процедур принятия решений в области управления радиационной безопасностью, из-за чего получаемая информация о реальной и прогнозируемой радиационной обстановке использовалась с опозданием и неэффективно. Сложившиеся организация контроля радиационной обстановки и информационной поддержки принятия решений не вполне отвечала требованиям действующего законодательства в области обеспечения экологической безопасности и радиационной безопасности. В частности, с введением в действие закона «О радиационной безопасности населения» были существенно повышены полномочия органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в обеспечении радиационной безопасности населения, в том числе в части организации контроля радиационной обстановки и информирования населения о ее состоянии, однако надежные инструменты для реализации этих полномочий в субъектах Российской Федерации не были созданы.

Как показывал опыт работы большинства стран с развитой атомной энергетикой и широким использованием радиационных технологий, оптимальный путь организации качественного многопараметрического контроля радиационной обстановки состоял в развитии и объединении существующих

служб и сетей радиационного контроля и мониторинга в единую государственную систему и внедрении в максимально возможной степени автоматизированных средств измерения, сбора, передачи и анализа измерительной информации. Поэтому основные цели создания системы ЕГАСКРО направлены на:

- совершенствование государственного контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации для приведения его в соответствие с требованиями действующего законодательства в области обеспечения радиационной безопасности.
- оперативное обеспечение органов государственной власти Российской Федерации и ее субъектов, органов управления и надзора в области радиационной безопасности, а также населения достоверной информацией о текущем и ожидаемом состоянии радиационной обстановки, фактах, характере, масштабах и последствиях её ухудшения.
- оперативное обеспечение Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) информацией, необходимой для защиты населения в связи с чрезвычайными радиационными ситуациями.
- информационную поддержку и выработку рекомендаций для принятия управленческих решений органами федерального и территориального управления и надзора в области обеспечения радиационной безопасности.

Ввиду тяжелой экономической ситуации финансирование ФЦП ЕГАСКРО постоянно сокращалось, а позже работы по созданию ЕГАСКРО включены в состав Федеральной целевой программы «Ядерная и радиационная безопасность России» на 2000-2006 годы. Постановлением Правительства РФ 10 июня 2005 г. № 371 «О внесении изменений в федеральную целевую программу «Ядерная и радиационная безопасность России» на 2000 - 2006

годы» Росгидромет был определен Государственным заказчиком Направления IV «Контроль радиационной обстановки на территории Российской Федерации».

С 2008 года работы по созданию ЕГАСКРО велись в рамках Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» (ФЦП ЯРБ), утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 13 июля 2007 г. № 444. Государственным заказчиком-координатором ФЦП являлся Государственная корпорация (ГК) «Росатом».

Создание и развитие ЕГАСКРО предусмотрено в рамках направления 3 ФЦП ЯРБ «Создание и совершенствование систем, необходимых для обеспечения и контроля ядерной и радиационной безопасности в условиях нормальной эксплуатации и аварий». Государственными заказчиками мероприятий данного направления являлись Минпромторг, МЧС России, Ростехнадзор, ГК «Росатом», Росгидромет, ФМБА России.

Росгидромет был определен государственным заказчиком 2-х мероприятий ФЦП ЯРБ – мероприятие 283 «Создание и оснащение сети центров сбора, обработки и представления информации базовой (федеральной) и территориальной систем мониторинга» и мероприятие 327 «Создание системы мобильных, дистанционных и других специальных технических средств информационного обеспечения Единой государственной автоматизированной системы контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации».

Мероприятием 283 предусматривалось создание и оснащение к 2010 году Главного информационно-аналитического центра ЕГАСКРО на базе НПО «Тайфун» Росгидромета.

За период действия ФЦП ЯРБ созданы и введены в эксплуатацию базовые элементы системы, которая в 2011 году переименована в Единую государственную автоматизированную систему мониторинга радиационной обстановки (ЕГАСМРО).

Назначение и задачи ЕГАСМРО

Как уже было указано ранее, создание ЕГАСМРО было направлено на совершенствование Государственного контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации и приведение в его соответствие с требованиями, представленными в Программном документе «Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2010 года и дальнейшую перспективу», утвержденным Президентом Российской Федерации 4 декабря 2003 г., в том числе на:

- развитие системы наблюдения за радиационной обстановкой (РО) на территории Российской Федерации;
- оперативное обеспечение органов государственной власти РФ и ее субъектов, других пользователей и населения достоверной информацией о состоянии радиационной обстановки, фактах, характере и масштабах ее ухудшения, а также прогнозами в этой области;
- информационное обеспечение Российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях в части, касающейся радиационной обстановки;
- информационная поддержка действий федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов РФ по обеспечению радиационной безопасности населения страны, защиты окружающей природной среды и устойчивости функционирования промышленного и аграрного комплексов при возникновении радиационных аварий и связанных с ними чрезвычайных ситуаций.

В соответствии с ОТЗ на создание ЕГАСМРО организационно-функциональная структура ЕГАСМРО строилась на базе действующих и вновь создаваемых ведомственных (отраслевых) и территориальных подсистем, объединяемых в единую государственную систему на основе организационно-технической и информационной совместимости.

Объединение ведомственных и территориальных подсистем ЕГАСКРО в единую систему осуществляется путем построения функциональных подсистем ЕГАСМРО (Рис. 6.3), основное назначение которых состоит в организации информационного взаимодействия и координировании действий сил и средств территориальных и ведомственных подсистем ЕГАСКРО по решению базовых общесистемных задач, таких как контроль источников радиоактивного загрязнения, контроль загрязнения окружающей среды, контроль радиационного воздействия на человека и среду его обитания, радиационная разведка в аварийных ситуациях и информационное сопряжение подсистем и служб ЕГАСМРО.



Рисунок 6.3 — Общая структура взаимодействия в ЕГАСМРО

Ведомственные подсистемы действуют и развиваются в ряде министерств и ведомств Российской Федерации – Росгидромете, ГК «Росатом», ФМБА России, Минпромторге и ряде других ФОИВ. Территориальные подси-

системы контроля радиационной обстановке действуют в субъектах РФ – Мурманской, Томской, Волгоградской, Ленинградской областях, Красноярском крае. Кроме того, в рамках ФЦП было предусмотрено их создание в других регионах, включая Тверскую, Московскую, Калужскую области. Управление работой каждой из подсистем обеспечивает ведомственный или территориальный информационно-аналитический центр.

Главный информационно-аналитический центр (ГИАЦ) в составе ЕГАСКРО выполняет задачи обеспечения постоянной координации действий, сил и средств системы, создания единого информационного пространства для всех участников системы контроля радиационной обстановки на территории РФ.

ГИАЦ выполняет сбор и обработку данных о радиационной обстановке на всей территории страны, организацию взаимодействия с ведомственными ИАЦ федерального уровня, управление функционированием системой в целом, предоставление информации уполномоченным органам государственной власти, выполнение международных обязательств РФ по предоставлению данных радиационного мониторинга («Положением о порядке предоставления данных радиационного мониторинга в соответствии с межправительственным соглашением стран Североевропейского и Балтийского регионов» (№ 6/8/3, зарегистрировано в Минюсте России 9 марта 2004 г. Регистрационный № 5637) и др.).

Созданные и введенные в эксплуатацию элементы ЕГАСМРО обеспечили выполнение системой основных функций по сбору, обработке и представлению информации о радиационной обстановке на территории России, прежде всего, в случае возникновения аварийной ситуации на радиационно-опасных объектах (РОО). В рамках ФЦП ЯРБ реализованы мероприятия, направленные на:

- создание сети центров (федерального и регионального уровней) сбора, обработки, анализа, прогноза и представления информации в составе ЕГАСМРО ;
- ввод в эксплуатацию первой очереди базовой территориальной подсистемы радиационного мониторинга (БТПРМ) Росгидромета в составе ЕГАСМРО ;
- создание территориальных подсистем ЕГАСМРО на территории Российской Федерации.

По итогам работ созданы и введены в эксплуатацию ГИАЦ ЕГАСМРО (действует на базе ФГБУ НПО «Тайфун» Росгидромета, г. Обнинск), а также 8 региональных информационно-аналитических центров (РИАЦ): Северо-Западный (г. Санкт-Петербург), Среднесибирский (г. Красноярск), Дальневосточный (г. Владивосток), Верхне-Волжский (г. Нижний Новгород), Уральский (г. Екатеринбург), Западно-Сибирский (г. Новосибирск), Северо-Кавказский (г. Ростов-на-Дону) и Центральный (г. Москва). ГИАЦ ЕГАСМРО и все РИАЦ оснащены необходимым оборудованием и программным обеспечением (Шершаков и др., 2012; Шершаков и др., 2010).

Центры обеспечивают интеграцию ведомственных и территориальных подсистем мониторинга радиационной обстановки в состав ЕГАСМРО , а также обработку, анализ, представление и предоставление информации о радиационной обстановке на федеральном и региональном уровнях. На базе ГИАЦ ЕГАСМРО с конца 2015 года введен в эксплуатацию общедоступный Интернет-портал ЕГАСМРО (egasmro.ru), обеспечивающий доступ к данным о радиационной обстановке на территории РФ, результатам ее анализа и прогноза (Рис. 6.4).

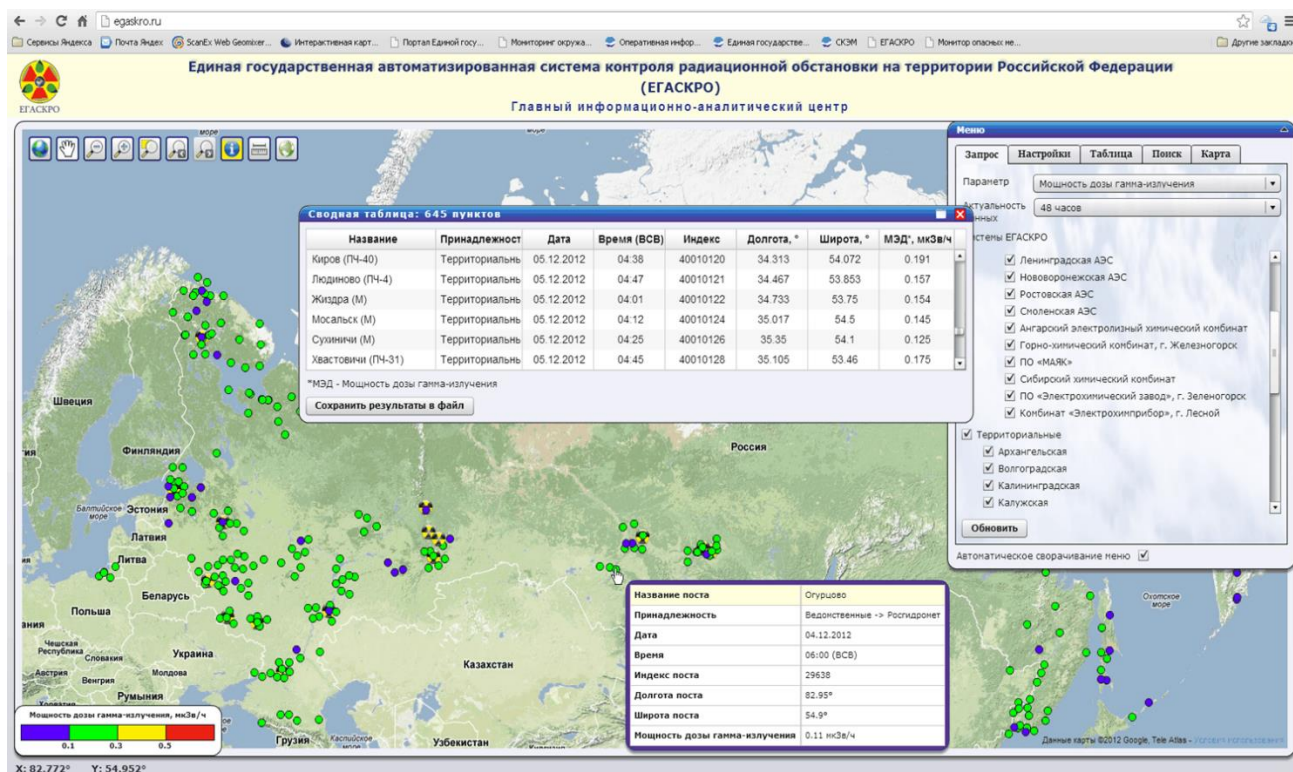


Рисунок 6.4 — Интернет-портал Единая государственная автоматизированная система контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации

ГИАЦ и РИАЦ ЕГАСПРО в настоящий момент обеспечивают:

- сбор, обработку, хранение и доступ к данным о радиационной обстановке на всей территории Российской Федерации;
- организацию взаимодействия с Национальным центром управления в кризисных ситуациях МЧС России, Ситуационным центром Росатома, информационно-аналитическими центрами ведомственных (отраслевых) систем контроля радиационной обстановки, территориальными и региональными центрами МЧС;
- предоставление информации о радиационной обстановке и прогнозов ее изменения уполномоченным органам государственной власти, в том числе в рамках взаимодействия с органами управления РСЧС;
- выполнение международных обязательств Российской Федерации по организации обмена данными радиационного мониторинга.

По результатам работ по развитию БТПРМ Росгидромета в составе ЕГАСМРО модернизированы 22 радиометрические лаборатории, действующие в составе наблюдательной сети Росгидромета, осуществлена модернизация оборудования, разработано ПО для интеграции данных БТПРМ в состав ЕГАСМРО и автоматизированы процессы измерений, обработки и передачи данных.

БТПРМ обеспечивает решение следующих задач:

- организацию и проведение наблюдений за радиационной обстановкой на территории Российской Федерации, включая измерения радиационного гамма-фона, содержания техногенных и природных радионуклидов в окружающей среде, обработку, обобщение, анализ и хранение результатов наблюдений;
- оценку, прогноз, определение динамики изменений радиационной обстановки, определение факторов, влияющих на радиационную обстановку;
- оперативный сбор и представление в установленном порядке информации об уровнях и масштабах радиоактивного загрязнения окружающей среды при обнаружении наблюдательной сетью Росгидромета факта ухудшения радиационной обстановки или возникновении чрезвычайных ситуаций, в том числе, и вследствие трансграничного переноса радиоактивных веществ;
- организация и надежное осуществление передачи информации о радиационной обстановке на территории РФ в установленном порядке в соответствии с требованиями Росгидромета;
- обеспечение обмена информацией между БТПРМ Росгидромета и другими подсистемами ЕГАСМРО.

В состав ЕГАСМРО интегрированы отраслевая АСКРО Госкорпорации «Росатом», а также 21 территориальная автоматизированная система контроля радиационной обстановки (ТАСКРО) субъектов РФ.

Нормативно-правовые аспекты функционирования ЕГАСМРО. В настоящий момент деятельность в области осуществления мониторинга радиационной обстановки в России, в том числе функционирование ЕГАСМРО, регулируется рядом нормативно-правовых актов (ФЗ № 170-ФЗ, 1995; ФЗ № 7-ФЗ, 2001; ФЗ № 3-ФЗ, 1996; Постановление № 477, 2013; Постановление № 639, 2014).

Указанное выше постановление Правительства Российской Федерации «О Единой государственной автоматизированной системе контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации» было отменено постановлением «О государственном мониторинге радиационной обстановки на территории Российской Федерации» (Постановление № 639, 2014), которым также установлена преемственность ЕГАСМРО по отношению к ранее создававшейся системе ЕГАСКРО.

Постановлением Правительства Российской Федерации «О государственном мониторинге радиационной обстановки на территории Российской Федерации» (Постановление № 639, 2014) утверждены Правила организации и ведения Единой государственной автоматизированной системы мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации и ее функциональных подсистем, а на Федеральную службу по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) возложена координация деятельности по ведению ЕГАСМРО.

Перспективы дальнейшего развития ЕГАСМРО. В настоящий момент в результате более чем тридцатилетнего процесса создания ЕГАСКРО/ЕГАСМРО создана базовая инфраструктура системы, позволяющая обеспечить ее функционирование.

В целом работы по обеспечению функционирования ЕГАСМРО в части аварийного реагирования при возникновении ЧС радиационного характера на территории РФ или сопредельных государств можно считать завершенными. Уже в 2011 году авария на АЭС Фукусима-1 показала способность системы

выполнять данную задачу. Сразу после появления первых сообщений об аварии в рамках ЕГАСМРО проведены расчеты возможного радиоактивного загрязнения территории РФ (Рис. 6.5) и, в дальнейшем, органами управления РСЧС постоянно представлялись данные наблюдений о содержании радиоактивных продуктов в атмосферном воздухе.

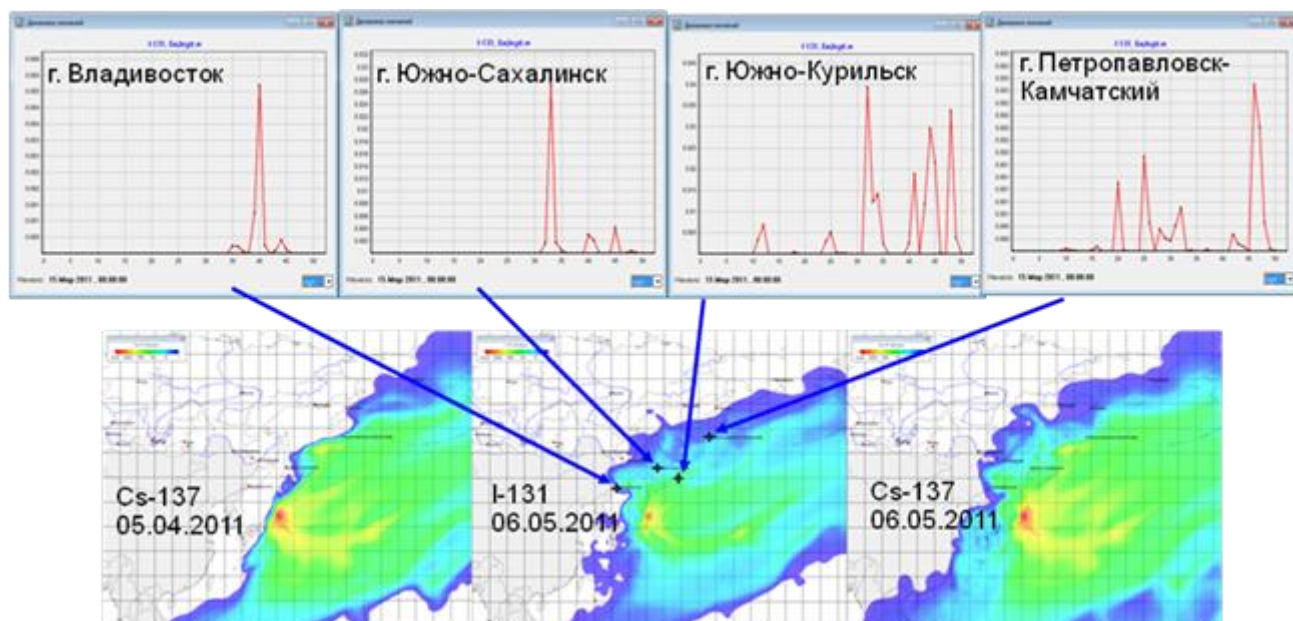


Рисунок 6.5 — Пример представления данных о радиоактивном загрязнении территории РФ в следствии аварии на АЭС Фукусима-1

Вместе с тем, для проведения государственного мониторинга радиационной обстановки на территории страны необходимо выполнение работ по развитию ЕГАСМРО с целью создания эффективно действующей системы, обладающей высокой степенью готовности с точки зрения оперативности и полноты представления информации (как фактической, так и прогностической) об уровнях радиоактивного загрязнения окружающей среды и уровнях воздействия на население и среду обитания человека. При этом особое внимание необходимо уделить развитию системы территориального мониторинга в условиях нормальной (штатной) работы РОО, учитывая все возможные уже действующие источники радиационного воздействия на окружающую среду,

а также вновь создаваемые в рамках развития атомной промышленности. Так, например, с ростом количества предприятий радиофарминдустрии объем выбросов радиоактивных инертных (благородных) газов в мире вырос в несколько раз. По данным специалистов Комиссии по атомной энергии Франции (SEA) (Achim et al., 2016) на долю только основных предприятий по производству изотопов в медицинских целях в 9 странах в настоящее время приходится 48 ТБк/сут выбросов Хе-133 в то время как на все 178 АЭС (383 реактора) приходится только 3 ТБк/сут. Такого рода складывающиеся реалии требуют внесения существенных изменений в действующие программы наблюдений государственной системы радиационного мониторинга и представляется актуальным дальнейшее развитие ЕГАСМРО в следующих направлениях:

1. В существующих условиях влияния на глобальную экономику климатических изменений, стимулирующих распространение энергосберегающих и «зеленых» технологий, а также ограничительные меры на импорт и потребление углеводородов и сырьевых товаров, ядерная энергетика способна сыграть значительную роль в усилиях по ограничению будущих выбросов загрязнителей воздуха и парниковых газов при удовлетворении глобальных энергетических потребностей. Однако развитие ядерной энергетики, как безаварийного, низкоуглеродного источника энергии, диктует необходимость развития в рамках ЕГАСМРО систем наблюдения и оценки воздействия радиации на природную среду, способных представить прямые доказательства отсутствия негативного воздействия ОИАЭ на природу.

2. Внедрение современных методик и средств наблюдений. В настоящее время разработаны и аттестованы новые средства наблюдений за содержанием радиоактивных веществ в атмосферном воздухе и выпадениях (автоматические спектрометрические пункты обнаружения и измерения радионуклидов в атмосфере и воде, аспирационные установки и баки-сборники жидких осадков

и др.). Разработаны новые средства мониторинга радиоактивности поверхностных вод в режиме on-line и автоматизированным отбором проб. Внедрение данных средств и технологий позволит оптимизировать программы наблюдений, сократить расходы на содержание и обслуживание средств наблюдений.

3. Создание специализированной подсистемы воздушной радиационной разведки местности с использованием беспилотных мобильных платформ. Работы по созданию мобильных средств радиационной разведки начались в рамках мероприятий ФЦП ЯРБ. В результате этих работ созданы измерительные комплексы для автомобильной и воздушной лабораторий радиационной разведки. В соответствии с поручением Межведомственной комиссии Совета Безопасности Российской Федерации по экологической безопасности подготовлены и получили поддержку предложения по формированию специализированной подсистемы воздушной радиационной разведки местности в составе ЕГАСМРО с использованием беспилотных летательных аппаратов.

4. Создание сети наблюдений за содержанием в природных средах С-14, Н-3, I-129 и Am-241. В настоящее время не проводится мониторинг содержания С-14, Am-241, I-129 в окружающей среде и не во всех средах контролируется тритий. При этом С-14 и Н-3 являются критическими радионуклидами для АЭС. Все перечисленные радионуклиды могут накапливаться в объектах окружающей среды и, по мере накопления, становиться экологически опасными.

5. Создание системы наблюдений на территориях, примыкающих к предприятиям, осуществляющим добычу, обогащение и захоронение естественных радиоактивных изотопов. В Российской Федерации практически отсутствует государственный радиационный мониторинг на территориях, примыкающих к добывающим и обогатительным предприятиям урана и других

полезных ископаемых на территории РФ, деятельность которых сопровождается загрязнением окружающей среды естественными радионуклидами. Таким образом, радиационная обстановка оценивается не в полном объеме.

6. Проведение в рамках ЕГАСМРО регулярных наблюдений за радиоактивным загрязнением морской среды Арктического региона и состоянием затопленных и затонувших объектов с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами.

Моря, омывающие территорию России, подвергались воздействию различных источников радиоактивного загрязнения. Необходим контроль поступления жидких и твердых радиоактивных продуктов, образовавшиеся при эксплуатации подводных и надводных судов с ядерно- энергетическими установками, трансграничный перенос морскими течениями радиоактивных веществ, удалявшихся на регулярной основе или вследствие аварийных сбросов. Отсутствие регулярных наблюдений не позволяет оценивать и прогнозировать радиационную обстановку на морях, омывающих территорию России.

7. Проведение работ по обеспечению сопоставимости данных и информации, собираемой в рамках ЕГАСМРО . В соответствии с требованиями законодательства необходимо обеспечить сопоставимость информации, получаемой, прежде всего, в рамках систем радиационного мониторинга Росгидромета и Госкорпорации «Росатом». Для этого программы радиационного мониторинга должны обеспечивать процедуры контроля качества наблюдений, включая межлабораторные интеркалибровки.

6.2 Особенности мониторинга радиационной обстановки на радиоактивно – загрязненных территориях

Требования к мониторингу радиационной обстановки на радиоактивно-загрязненных территориях обладают определенной спецификой, которая заключается в том, что при сложившейся радиационной

ситуации даже незначительное дополнительное загрязнение в результате вторичного переноса радиоактивности или аварийной ситуации может оказаться критическим и в сумме превысит допустимый уровень. Кроме того, население, проживающее на таких территориях, как правило, весьма болезненно реагирует на возможные ухудшения радиационной обстановки.

На таких территориях особенно необходим непрерывный автоматизированный мониторинг изменения радиационной обстановки, для своевременного реагирования на превышение допустимых уровней радиационного загрязнения и снижения угроз и рисков для населения и природной среды.

Начиная с 2010 года по инициативе МЧС России начались работы по созданию автоматизированных систем контроля радиационной обстановки (АСКРО) на территориях, подвергнувшихся радиационному загрязнению (в результате аварий на Чернобыльской АЭС и ПО «Маяк», а также в результате испытаний в атмосфере ядерного оружия на Семипалатинском полигоне).

После анализа последствий аварии на АЭС Фукусима-1 (2011 год) в МЧС России предложено создание комплексных систем мониторинга за состоянием защиты населения (КСМ-ЗН), которые включали в себя и ранее созданные территориальные АСКРО в качестве основной подсистемы. Концепция создания КСМ-ЗН утверждена в январе 2012 года, в том числе принято решение о создании КСМ-ЗН и в Дальневосточном регионе.

Согласно предложенной Концепции, структура территориальной КСМ-ЗН имела четыре подсистемы (Рис. 6.6):

- раннего предупреждения о возможном радиационном загрязнении (АСКРО);
- программно-аппаратный комплекс;
- программно-технические средства поддержки принятия решений по защите населения;

- учебно-тренировочный комплекс реалистичного трехмерного моделирования рабочего окружения для обучения персонала подразделений оперативного реагирования на радиационно-опасные ситуации.



Рисунок 6.6 — Структура территориальной КСМ-ЗН

Таким образом, в период с 2011 по 2015 годы в 19 регионах Российской Федерации, на территориях подвергшихся радиоактивному загрязнению, созданы и введены в строй территориальные КСМ-ЗН. Данные системы, кроме задач радиационного мониторинга, призваны обеспечить повышение уровня подготовленности населения, привития норм безопасного поведения в окружающей обстановке, сознательности и убежденности в необходимости и важности предлагаемых действий в условиях ЧС радиационного характера. Система из 19 территориальных КСМ-ЗН имела три уровня: федеральный, межрегиональный и региональный (Рис. 6.7).

В 2018 году, после ликвидации региональных центров МЧС России, межрегиональный уровень КСМ-ЗН также был ликвидирован, и структура КСМ-ЗН стала двухзвенной: федеральный и региональный. Создание КСМ-ЗН соответствует законодательной и нормативной правовой базе в области

контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации (Федеральные законы: «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ от 09.01.1996 г. (в ред. от 22.08.2004), «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30.03.1999 г. (в ред. от 14.07.2008), «Об

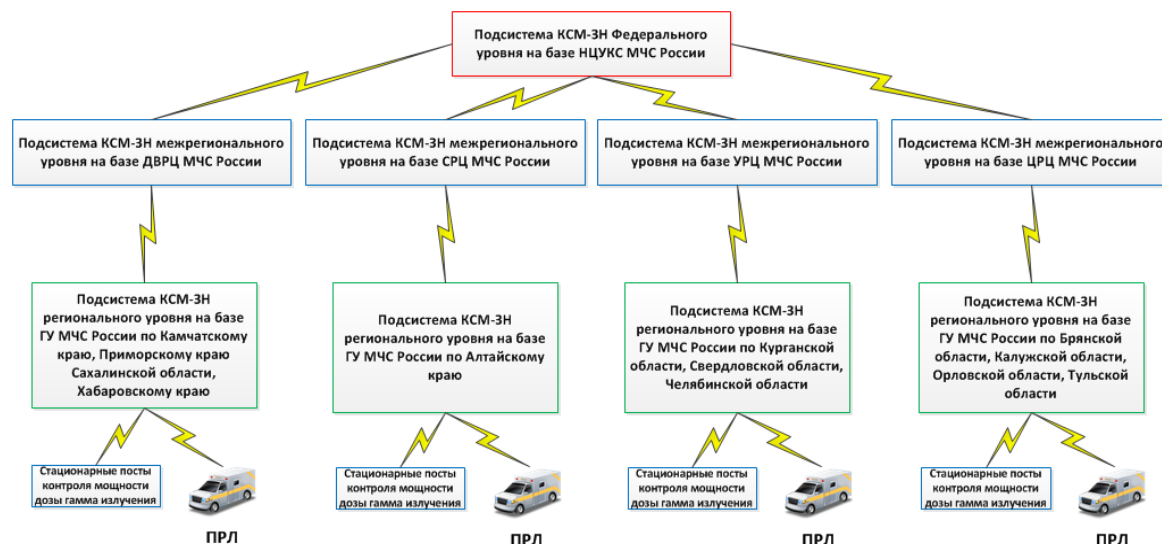


Рисунок 6.7 — Структура многоуровневой системы КСМ-ЗН

охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 г. (в ред. от 14.07.2008), «Об использовании атомной энергии» № 170-ФЗ от 21.11.1995 г. (в ред. от 14.07.2008); санитарные нормы и правила СанПиН 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)», СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)») и призвано обеспечить:

- сокращение времени сбора данных (периодичность сбора данных при отсутствии автоматизации в точках контроля может варьировать от суток до квартала) и масштабирование автоматизированного контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации;
- своевременное получение первичных измерений параметров радиологической обстановки, в первую очередь, мощность дозы на местности, а наличие информационно-аналитических средств обработки информа-

ции и программно-технических средств оценки радиационной обстановки на загрязнённых территориях и прогнозирование дозовых нагрузок на население, проживающее в зоне возможных ЧС, что позволяет сократить сроки реагирования;

- повышение готовности органов исполнительной власти Российской Федерации адекватно и своевременно реагировать на складывающуюся радиационную обстановку, учитывая крайне высокие социально-экономические риски в случае возникновения даже самых незначительных радиационных инцидентов;
- эффективность управления в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от ЧС радиационного характера, полного и своевременного информирования населения (Указ Президента РФ № 868, 2004), которая зависит от своевременности обеспечения органов управления РСЧС оперативной информацией о радиационной обстановке на территории Российской Федерации (в составе функциональной подсистемы РСЧС мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций МЧС России).

Организационно-функциональная структура КСМ-ЗН приведена на рисунке 6.8.

Вся система находится в едином информационном пространстве. При этом обеспечивается эффективное информирование населения о текущем состоянии радиационной обстановки в местах его проживания.

В состав технических средств систем АСКРО, являющихся основными подсистемами КСМ-ЗН, входят посты контроля (Рис. 6.9), линии связи с центрами сбора и обработки данных, компьютерное, серверное и периферийное оборудование, передвижные радиометрические лаборатории (Рис. 6.10) и беспилотные комплексы аэрогаммасъёмки (Рис. 6.11).

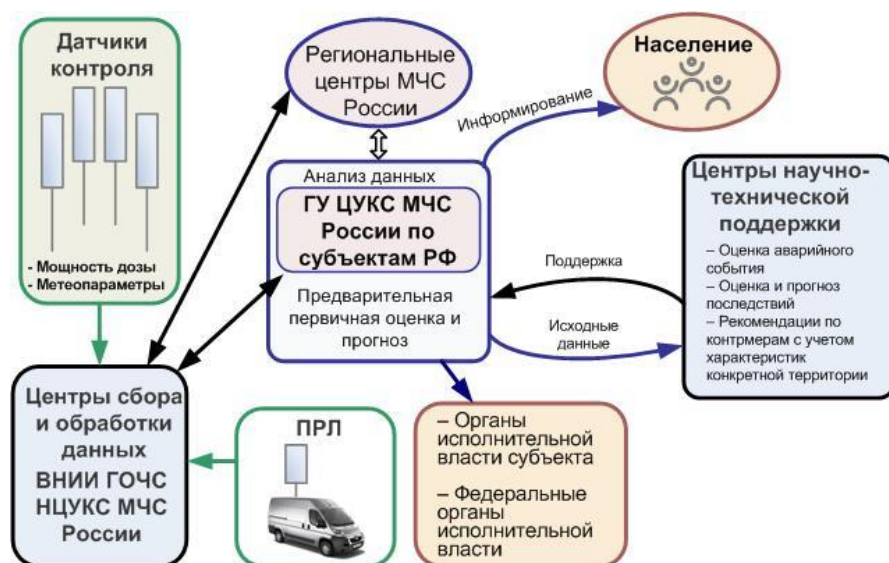


Рисунок 6.8 – Организационно-функциональная структура КСМ-3Н



Рисунок 6.9 — Блок детектирования и информационное табло



Рисунок 6.10 — Передвижные радиометрические лаборатории



Рисунок 6.11 — Комплекс аэрогаммасъемки на базе БПЛА

В состав специализированного программного обеспечения КСМ-ЗН входит программно-аппаратный комплекс для моделирования и прогнозирования радиационной обстановки в случае возникновения радиационных инцидентов на основе мезомасштабной лагранжевой траекторной модели атмосферного переноса, обеспечивающей моделирование распространения примесей в атмосфере и выпадений радиоактивных веществ, оценку радиационной обстановки при радиоактивных выбросах (переносе пыли с ветром, площадных пожарах). Программный комплекс позволяет рассчитывать перенос загрязнений на расстояния в сотни километров, учитывать реальную неоднородность ветрового поля в пределах атмосферного пограничного слоя, влияние рельефа местности на процесс рассеивания и решать другие задачи.

КСМ-ЗН МЧС России интегрирует отдельные зоны радиационного мониторинга, обеспечивает информационный обмен с ЕГАСМРО, специализированными информационными системами, эксплуатируемыми ФОИВ, администрациями субъектов Российской Федерации, корпоративными структурами. Схема организации коммуникационной инфраструктуры КСМ-ЗН, информационного обмена представлена на рисунке 6.12.

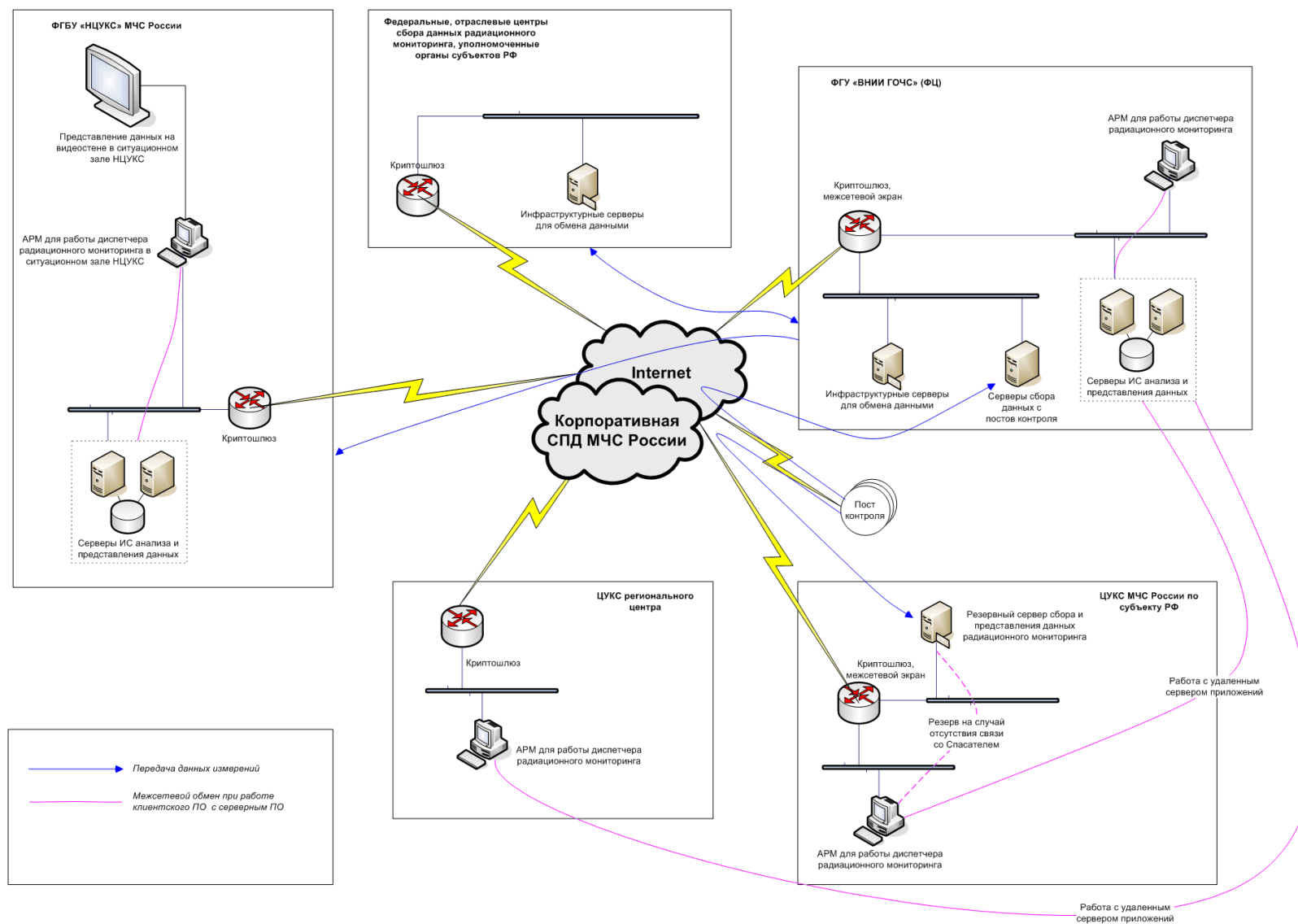


Рисунок 6.12 — Схема организации коммуникационной инфраструктуры КСМ-ЗН

Обостренное восприятие радиационных рисков общественностью, а также лицами, принимающими решения по защите населения на территориальном уровне, является особым фактором уязвимости социально-экономической сферы при радиационно-опасных ситуациях даже при незначительных радиологических рисках. Это предъявляет особые требования к четкой оценке ситуации, адекватному реагированию и эффективному информированию населения.

Научно-техническую и экспертную поддержку территориальным органам МЧС России в области оценки и прогнозирования развития ситуации, выработки рекомендаций по мерам защиты населения и территорий области в случае радиационных аварий и инцидентов обеспечивают центры научно-технической поддержки.

Цели научно-технической поддержки:

- повышение достоверности и оперативности реагирования на ЧС с радиационным фактором и снижение радиационных и социально-экономических последствий для территории области и ее населения;
- повышение готовности органов управления и сил территориальной подсистемы РСЧС к действиям по предупреждению и ликвидации ЧС с радиационным фактором;
- повышение эффективности мероприятий по информированию общественности по вопросам ядерной и радиационной безопасности в режиме повседневной деятельности, в случаях возникновения чрезвычайных ситуаций с радиационным фактором или в ситуациях, воспринимаемых населением как аварийные.

В ТКЦ ИБРАЭ РАН реализованы все основные компоненты, необходимые для оперативной поддержки принятия решений по защите населения и окружающей среды при радиационных авариях. Центр оснащен всеми необходимыми информационными ресурсами для оказания

оперативной экспертной поддержки. ИБРАЭ РАН обеспечивает круглосуточное функционирование ТКЦ, развитие его научно-технического потенциала, обеспечение готовности, в том числе, за счет проведения совместных учений и тренировок.

Оперативное взаимодействие в рамках оказания научно-технической поддержки в первую очередь осуществляется между ТКЦ ИБРАЭ РАН и территориальными подразделениями МЧС России. Важной составляющей оказания научно-технической поддержки также является возможность для МЧС России и подведомственных учреждений получить оперативные консультации и экспертную оценку ситуации в случаях, воспринимаемых населением как аварийные.

При создании автоматизированной интегрированной системы мониторинга за состоянием защиты населения на радиоактивно загрязненных территориях Российской Федерации одной из важных задач является информирование населения о текущем состоянии радиационной обстановки в местах их проживания. При этом следует использовать особый подход к представлению результатов измерений населению. Кроме самих измеренных величин, необходимы комментарии и объяснения по поводу конкретных уровней радиационного фона, включая возможные последствия для здоровья.

Данные радиационного контроля, поступающие оператору КСМ-ЗН, передаются также и в Главный информационно-аналитический центр (ГИАЦ) ЕГАСМРО для обеспечения интеграции и информационного взаимодействия в рамках ЕГАСМРО.

Координация усилий МЧС России, Росгидромета, Госкорпорации «Росатом», субъектов Российской Федерации позволит обеспечить более полное и оптимальное покрытие территории страны системами радиационного контроля.

В результате создания и внедрения КСМ-ЗН было обеспечено:

- повышение готовности сил и средств РСЧС к действиям по минимизации последствий радиационных аварий;
- повышение уровня защищенности населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях;
- повышение эффективности системы информирования органов государственной власти и местного самоуправления о текущем состоянии радиационной обстановки;
- повышение технических возможностей программно-аппаратных средств, обеспечивающих мониторинг защиты населения, комплексную оценку риска возникновения ЧС с радиационным фактором, прогнозирование развития и последствий чрезвычайных ситуаций радиационного характера.

Список литературы к разделу 6

1. Арутюнян, Р. В. Создание объектовых автоматизированных систем радиационного мониторинга на объектах, связанных с утилизацией АПЛ, обращением с ОЯТ и РАО / Р. В. Арутюнян, С. А. Богатов, С. И. Воронов. — Текст: непосредственный // Мониторинг. Наука и безопасность. — 2011. — № 1. — С. 64-77.
2. Развитие систем аварийного реагирования и радиационного мониторинга / научный редактор Р. В. Арутюнян. — Москва: ИБРАЭ РАН, 2014. — 315 с. — (Труды ИБРАЭ РАН; вып. 15).
3. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия-Беларусь). — Москва; Минск: [б. и.], 2009. — 140 с.
4. О гидрометеорологической службе: Федеральный закон № 113-ФЗ: принят Государственной Думой 3 июля 1998 года: (ред. от 08.08.2024). — Текст: электронный // КонсультантПлюс: [сайт]. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19506/ (дата обращения: 09.02.2026).
5. О государственном мониторинге радиационной обстановки на территории Российской Федерации: Постановление Правительства Российской Феде-

- рации № 639: утверждено 10 июля 2014 года. — Текст: электронный // КонсультантПлюс: [сайт]. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165457/ (дата обращения: 09.02.2026).
6. О Концепции создания Комплексной системы мониторинга за состоянием защиты населения (КСМ-ЗН), в том числе на радиоактивно загрязненных территориях: решение Коллегии МЧС России от 6 февр. 2012 г. № 1/III. — Текст: электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: [сайт]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/456056890> (дата обращения: 09.02.2026).
7. О радиационной безопасности населения: Федеральный закон № 3-ФЗ: принят Государственной Думой 5 декабря 1995 года: (ред. от 08.08.2024). — Текст: электронный // КонсультантПлюс: [сайт]. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8797/ (дата обращения: 09.02.2026).
8. Об использовании атомной энергии: Федеральный закон № 170-ФЗ: принят Государственной Думой 20 октября 1995 года: (ред. от 26.02.2024). — Текст: электронный // КонсультантПлюс: [сайт]. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8450/ (дата обращения: 09.02.2026).
9. Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды: Постановление Правительства Российской Федерации № 477: утверждено 6 июня 2013 года. — Текст: электронный // КонсультантПлюс: [сайт]. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_147924/ (дата обращения: 09.02.2026).
10. Об охране окружающей среды: Федеральный закон № 7-ФЗ: принят Государственной Думой 20 декабря 2001 года: (ред. от 08.08.2024). — Текст: электронный // КонсультантПлюс: [сайт]. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 09.02.2026).
11. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2000 году: ежегодник / под редакцией К. П. Махонько. — Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2002. — 252 с.
12. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2009 году: ежегодник / под редакцией С. М. Вакуловского. — Обнинск: ГУ ВНИИГМИ-МЦД, 2010. — 316 с.

13. Российский национальный доклад: 25 лет Чернобыльской аварии: итоги и перспективы преодоления ее последствий в России, 1986–2011. — Москва: [б. и.], 2011. — 98 с.
14. Указ Президента РФ от 11.07.2004 N 868 (ред. от 02.01.2011) «Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»
15. Шершаков, В. М. Развитие базовой территориальной подсистемы радиационного мониторинга Росгидромета в составе ЕГАСКРО / В. М. Шершаков, В. С. Косых, В. Г. Булгаков, В. С. Сарычев. — Текст: непосредственный // Ядерная и радиационная безопасность России: тематический сборник. — Москва: Госкорпорация «Росатом», 2012. — Вып. 13. — С. 48-70.
16. Шершаков, В. М. Экологический мониторинг ядерно и радиационно опасных объектов / В. М. Шершаков, В. Г. Булгаков, И. И. Крышев [и др.] // Безопасность окружающей среды. — 2010. — № 4. — С. 114-119.
17. Пешков Ю.В., Челюканов В.В., Шершаков В.М., Шпиньков В.И. Об актуальных вопросах создания и функционирования Единой государственной автоматизированной системы мониторинга радиационной обстановки. Метеорология и гидрология, № 7, 2017, с.94-102
18. Фролов А.В., Шершаков В.М. О проблемах развития интегрированной системы мониторинга окружающей среды и подходах к их решению. Метеорология и гидрология, № 5, 2017, с.5-18
19. Achim, P. Characterization of Xe-133 global atmospheric background: Implications for the International Monitoring System of the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty / P. Achim, S. Generoso, M. Morin [et al.] // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. — 2016. — Vol. 121, No. 9. — P. 4951-4966. — DOI: 10.1002/2015JD024710.

7. Государственная политика в области реабилитации населения и территорий, подвергшихся воздействию вследствие аварии на Чернобыльской АЭС

7.1 Основные итоги государственной политики в области защиты и реабилитации населения за прошедший период

Катастрофа на Чернобыльской АЭС привела как к облучению населения пострадавших территорий, так и к облучению граждан, принимавших участие в ликвидации последствий аварий, стала причиной серьезных долговременных радиоэкологических, медицинских, демографических и социально-психологических последствий, оказала негативное воздействие на ход социально-экономического развития территорий.

В целях обеспечения социальной защиты граждан, подвергшихся радиационному воздействию, был принят Закон Российской Федерации от 15 мая 1991 г. № 1244–1 «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС», зафиксировавший обязательства Российской Федерации в отношении пострадавших граждан (Закон № 1244-1, 1991).

Этим законом гарантируются возмещение вреда, причиненного здоровью и имуществу граждан вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, возмещение вреда за риск вследствие проживания и работы на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению, превышающему допустимые уровни в результате чернобыльской катастрофы, а также предоставление мер социальной поддержки.

За прошедшие 40 лет после аварии на Чернобыльской АЭС государственными органами и общественными организациями проделана огромная работа по радиационной, медицинской и социальной защите населения и участников ликвидации последствий аварии, реабилитации населения и территорий (земли поселений, сельскохозяйственных и природных биогеоценозов), пострадавших вследствие аварии.

Важнейшим инструментом и источником финансирования реализации государственной политики Российской Федерации по обеспечению безопасности жизнедеятельности населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях, стали федеральные целевые программы.

За период с 1992 по 2015 год Правительством Российской Федерации были приняты и реализованы федеральные (государственные) целевые программы по преодолению последствий Чернобыльской аварии, программы по защите детского населения, программы по обеспечению жильем участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. Действие программ охватывало до 19 субъектов Российской Федерации, где проживало свыше 3 млн. человек, подвергшихся воздействию неблагоприятных факторов вследствие радиационных аварий (Государственная..., 1990; Единая..., 1993; Федеральная..., 1997; Федеральная..., 2001; Федеральная..., 2011).

Основными направлениями программных мероприятий являлись:

- строительство объектов социальной и инженерной инфраструктуры;
- повышение качества и доступности специализированной медицинской помощи, оказываемой пострадавшим гражданам и гражданам, находящимся в группах риска;
- информационная поддержка и социально-психологическая реабилитация граждан, подвергшихся радиационному воздействию;
- повышение уровня готовности сил и средств МЧС России к действиям по минимизации последствий радиационных аварий.

В результате выполнения с 1992 по 2015 гг. мероприятий федеральных целевых программ по преодолению последствий радиационных аварий (Итоги..., 2021):

- введено в эксплуатацию около 1,8 млн. кв. метров жилого фонда, что позволило обеспечить жильем более 70 тыс. человек;

- обеспечено объектами газо- и теплоснабжения до 1 млн. человек, водоснабжения и водоотведения — свыше 700 тыс. человек;
- введено в действие поликлиник — на 1,7 тыс. посещений в смену;
- построено детских дошкольных учреждений на более чем 4,5 тыс. мест и общеобразовательных учреждений на 5,8 тыс. мест;
- проведена диспансеризация более 3 млн. граждан, подвергшихся радиационному воздействию, из них 63% граждан получили стационарную специализированную медицинскую помощь;
- оснащены медицинским оборудованием, в том числе, высокотехнологичным, для оказания медицинской помощи гражданам, пострадавшим от радиационного воздействия, медицинские учреждения Минздрава России, ФМБА России, а также ВЦЭРМ МЧС России.

Мероприятия по реабилитации территорий позволили вернуть в хозяйственный оборот 30% земель сельскохозяйственного назначения и 14% земель лесного фонда, радиоактивно загрязненных вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС.

В рамках реализации ФЦП «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2015 года» с целью повышения уровня безопасности населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях, за счет принятия и проведения своевременных и научно-обоснованных превентивных защитных мер проведена работа по созданию и внедрению автоматизированной системы мониторинга за состоянием защиты населения на наиболее пострадавших в результате радиационных аварий и испытаний ядерного оружия территориях Тульской, Брянской, Орловской, Калужской, Челябинской, Свердловской, Курганской областей и Алтайского края (КСМ-ЗН) (Федеральная..., 2011).

В 2015 году завершены работы по созданию быстро развёртываемого модуля контроля радиационной обстановки, интегрированного в состав КСМ-ЗН и предназначенного для организации сбора информации о радиационной

обстановке непосредственно в месте возникновения чрезвычайной ситуации радиационного характера, включая лесные пожары в зонах радиоактивного загрязнения.

Проведено оснащение аварийно-спасательных подразделений необходимыми техническими средствами и спасательной техникой включая:

- инженерный аварийно-спасательный многофункциональный комплекс ведения специализированных работ (ИАСК РЗ);
- специальный мобильный комплекс для проведения аварийно-спасательных работ, локализации и тушения пожаров на радиоактивно загрязнённых территориях и жизнеобеспечения личного состава пожарно-спасательных подразделений (СМК-РЗ);
- программно-аналитический модуль оценки и мониторинга эффективности внедрения и апробации функционирования механизмов защиты населения, проживающего на радиоактивно загрязнённых территориях Российской Федерации;
- автомобиль радиационной разведки, оснащенный современными средствами радиационного контроля (МК-РХР с БР АСКРХО).

Проводимый с 1992 года комплекс программных мероприятий обеспечил качественное улучшение радиоэкологической и социально-экономической ситуации в более чем 3,5 тыс. населенных пунктах Российской Федерации с населением более 1 млн человек, что позволило вывести эти территории из зон радиоактивного загрязнения.

В целях сохранения памяти о подвиге «ликвидаторов», самоотверженными действиями, предотвратившими еще более катастрофические последствия аварии на Чернобыльской АЭС, и патриотического воспитания молодежи на их примере ежегодно проводились международные героико-патриотические фестивали детского творчества «Звезда Чернобыля» (Итоги..., 2021).

Кроме того, в реализацию госполитики по обеспечению безопасности жизнедеятельности населения, проживающего на радиоактивно загрязнённых

территориях наряду с национальными программами, существенный вклад внесли пять российско-белорусских программ совместной деятельности по преодолению последствий аварии на Чернобыльской АЭС. В стадии подписания находится шестая программа совместной деятельности (Программа..., 1998; Программа..., 2002; Программа..., 2006; Программа..., 2013; Программа..., 2019).

Вместе с тем, говорить о полном решении всех задач и проблемных социально-значимых вопросов на загрязненных территориях еще рано. В настоящее время к зонам радиоактивного загрязнения ещё относятся территории общей площадью более 30 тыс. км², на которых проживает около 1,6 млн. человек. До настоящего времени имеются места с неблагоприятной радиационно-гигиенической обстановкой на территории Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей, что является серьезным тормозом их социально-экономического развития, сказывается на социально-психологическом состоянии населения.

В этих условиях основные усилия государства необходимо направить на возвращение пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС территории к условиям нормальной жизнедеятельности, а также продолжить работы по:

- обеспечению безопасности проживания населения на загрязненных территориях;
- мониторингу радиационной обстановки, уточнению перечней населенных пунктов, расположенных в зонах радиоактивного загрязнения и возвращению их к условиям нормальной жизнедеятельности;
- развитию инфраструктуры, необходимой для обеспечения условий безопасной жизнедеятельности, включая полный охват населения территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению, устойчивыми системами газо-, тепло-, водоснабжения и канализования;

- совершенствованию системы радиационного контроля сельскохозяйственной продукции и лесных ресурсов промышленного, культурно-бытового и пищевого назначения с учетом обязательной сертификации по радиационному признаку;
- обеспечению населения, проживающего в зонах радиоактивного загрязнения, необходимым ассортиментом экологически чистых продуктов питания.

Для повышения эффективности мер оказания специализированной медицинской помощи гражданам, подвергшимся радиационному воздействию, необходимы:

- совершенствование организационного и методического обеспечения федерального и регионального уровней Национального радиационно-эпидемиологического регистра, а также медико-дозиметрических регистров и банков данных;
- разработка новейших технологий определения групп радиационного риска на основе международных стандартов и результатов прямых радиационно-эпидемиологических исследований, включая прогнозирование медицинских радиологических последствий;
- внедрение системы и этапов оказания специализированной медицинской помощи населению территорий, подвергшемуся радиационному воздействию, в том числе детскому населению;
- разработка и реализация комплекса мероприятий по оказанию адресной медицинской помощи в специализированных медицинских центрах, включая лиц, входящих в группы радиационного риска;
- разработка методической документации по оказанию современной высокотехнологичной специализированной медицинской помощи населению при радиационных воздействиях.

7.2 Принципы и критерии государственной политики

Снижение уровня социальной напряженности на радиоактивно загрязненных территориях, в первую очередь должно быть обеспечено комплексом информационных мероприятий по вопросам преодоления последствий радиационных аварий и формированию культуры безопасности жизнедеятельности населения, обеспечением свободного доступа к информации и повышением радиологической грамотности населения.

Формирование государственной политики Российской Федерации в области преодоления последствий Чернобыльской катастрофы должно быть реализовано на основных положениях Конституции Российской Федерации, федеральных законах «радиационной безопасности населения» и «социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС», других федеральных законах и нормативных правовых актах, регламентирующих вопросы защиты и реабилитации населения и территорий в условиях обширного радиоактивного загрязнения, Нормах радиационной безопасности - НРБ-99/09, Концепции радиационной, медицинской и социальной защиты и реабилитации населения, подвергшегося аварийному облучению, общепринятых норм и принципов международного права в этой области.

При формировании и реализации государственной политики необходимо учитывать требования действующих нормативных правовых актов и опыта уже проведённых работ (Итоги..., 2021; Владимиров, 2012; Конституция РФ, 1993; НРБ-99/2009, 2009; СанПиН 2.3.2.560-96, 1996). Основные принципы и критерии государственной политики в этой области:

1. Охрана здоровья пострадавших граждан, обеспечение благоприятных экологических условий жизни и трудовой деятельности населения на пострадавших территориях является приоритетным направлением государственной политики в области преодоления последствий Чернобыльской катастрофы (определено ст. 7, 41 и 42 Конституции Российской Федерации, из которых

следует, что при возникновении чрезвычайной ситуации главной задачей является защита населения).

2. Преодоление последствий Чернобыльской катастрофы является предметом совместного ведения Российской Федерации и субъектов Российской Федерации, предусматривающим обоюдную ответственность и оптимальное сочетание федеральных и местных объемов финансирования реабилитационных мероприятий (определен ст. 72 (пп. Ж и З) Конституции Российской Федерации).

В соответствии с этим принципом государственная политика Российской Федерации в области преодоления последствий любой катастрофы должна проводиться посредством целенаправленной и скоординированной деятельности органов государственной власти, местного самоуправления, организаций и граждан в соответствии с их правами, полномочиями и обязанностями в этой сфере.

3. Планирование и реализация мероприятий по преодолению последствий Чернобыльской катастрофы, определение их объема и содержания осуществляются с учетом уровня социально-экономических последствий катастрофы, необходимой достаточности и эффективного использования финансовых ресурсов.

4. Медицинской защите и реабилитации подлежат граждане, включенные в Российский государственный радиационно-эпидемиологический регистр.

Именно эти категории граждан требуют медицинского контроля с целью выявления заболеваний на ранней стадии, своевременного оказания профилактической, лечебной и реабилитационной медицинской помощи.

5. Основными критериями для принятия решений необходимости мероприятий по преодолению последствий Чернобыльской катастрофы являются средняя годовая эффективная доза облучения населения, а для территорий, где она ниже установленных норм, - накопленная доза облучения населения.

Радиационное воздействие на человека зависит от полученной им дозы облучения, а плотность радиоактивного загрязнения территории, как критерий этого воздействия, не имеет постоянного соотношения с мощностью дозы, которая может изменяться в зависимости от характера радиоактивного излучения, степени заглубления радиоактивных веществ и некоторых других причин.

6. Критериями для организации мероприятий в агропромышленном комплексе и радиационного контроля продовольственного сырья и пищевых продуктов являются нормативы Гигиенических требований к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов.

Правомочность данных критериев обосновывается тем, что нормативы современных Гигиенических требований к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2.560-96, 1996) разрабатываются, исходя из дозовых нагрузок, исключающих вмешательство при осуществлении национальной и международной торговли.

7. На территориях, где средняя годовая эффективная доза облучения населения менее установленных норм, планируются и осуществляются мероприятия по социально-психологической реабилитации населения и, при необходимости, по радиационному контролю за загрязнением продовольственного сырья и пищевых продуктов.

Это связано с тем, что последствия Чернобыльской катастрофы в сочетании с происходящими в стране экономическими и социальными изменениями, привели к снижению адаптации населения к внешним условиям и массовым психоэмоциональным реакциям.

7.3 Стратегия информационного обеспечения в условиях обширного радиоактивного загрязнения

Чернобыльская авария на АЭС обусловила целый ряд проблем, в том числе в области информационной и психологической защиты населения. Та-

кая информационная защита населения включает информирование и оповещение населения об опасностях, правилах поведения и необходимости проведения мероприятий по защите в условиях угрозы и при возникновении радиационной аварии. Цель такой защиты - минимизировать возможные человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и материальные потери в условиях возникшей чрезвычайной ситуации, не допустить паники и обеспечить мероприятия по ликвидации и преодолению последствий аварии.

Для информационной и психологической защиты населения в условиях обширного радиоактивного загрязнения, возникшего в результате аварии, должно осуществляться информационное обеспечение населения с учетом физических и социально-психологических негативных воздействий, обусловленных радиационным фактором (Отчет ИБРАЭ РАН, 1992).

Особенностью мероприятий по преодолению последствий такой аварии является их долговременный характер, поэтому ликвидационные мероприятия могут осуществляться в течение нескольких десятков лет. Исследования, проводимые в области информационного обеспечения населения пострадавших районов, в первые два десятилетия после аварии обосновали необходимость и важность мероприятий по информационной и психологической защите населения с учетом долговременной перспективы (Симонов, 2010; Линге, 2002).

Результаты исследований также показали, что в отдаленном периоде после аварии на Чернобыльской АЭС значительная часть (43–44%) населения, проживающего на радиоактивно загрязненной территории России и Беларуси относится к группе риска, которую характеризует наличие неблагоприятных эмоционально-личностных изменений в связи с субъективными особенностями восприятия радиационной опасности (Симонов, 2010). Это отражается на их информационных потребностях, доверии к различным источникам информации и обуславливает формирование у значительной части населения неадекватного восприятия радиационного риска, что определяет необходимость

усилий, направленных на информационную и психологическую защиту населения территорий, пострадавших в результате аварии. Проведенные в рассматриваемой области исследования (Симонов, 2010) показали, что: от 62,1% до 63,4% респондентов в России и Беларуси считают, что они имеют неполную информацию о специфике проживания на радиоактивно загрязненных территориях; наиболее предпочтительными источниками информации для населения являются передачи радио и телевидения. Этому источнику информации отдают предпочтение от 58,5% до 67,1% соответственно белорусских и российских респондентов. Чуть меньше жителей хотели бы получать необходимую информацию из газет и журналов (43,0-57,1%); от 25,4% до 35,8% российских и белорусских респондентов отметили, что им удобно получать информацию из бесед со специалистами различного профиля (врачи, психологи, учителя, социальные работники). Следовательно, повышение эффективности информационной работы должно опираться на активное включение первичных региональных (местных) специалистов, работающих непосредственно с населением, проживающим на радиоактивно-загрязненных территориях.

В качестве объектов информационной и психологической защиты следует рассматривать следующие категории: отдельную личность, группу людей (как часть общества, т.е. социальную, возрастную, профессиональную) и общество (население, проживающее на этих территориях). В соответствии с этим реализация мер по информационной и психологической защите осуществляется на социальном, социально-групповом и индивидуальном уровнях.

На социальном уровне индивидуальная и психологическая защита населения реализуется посредством регулирования и организации информационных потоков (система распространения информации в обществе) и распространения способов и средств, определенных «алгоритмов» обработки и оценки информации в процессе социального взаимодействия (от межличностного общения до массовой коммуникации). На этом уровне в качестве субъек-

тов информационной и психологической защиты личности выступают государство и общество через деятельность определенных социальных институтов (система образования, система распространения социокультурных ценностей, традиций, социальных норм).

На социально-групповом уровне индивидуальная и психологическая защита населения реализуется посредством распространения и использования внутригрупповых информационных потоков и источников, а также специфических для конкретных социальных групп и организаций способов социального взаимодействия, переработки и оценки информации (групповых норм, ориентации, предпочтений определенных коммуникаторов, регламентация правил и процедур работы и взаимодействия с внешними информационными источниками). На этом уровне в качестве субъектов информационной и психологической защиты личности выступают группы и организации (семья, производственные структуры, общественные, политические, религиозные и иные объединения и организации). Важным показателем (индикатором) неблагополучия в плане информационной и психологической безопасности общества и группы является социально-психологическая напряженность, которая характеризуется долей населения, негативно воспринимающего те или иные изменения (мероприятия, реформы) или информацию о них. Наличие социально-психологической напряженности свидетельствует об угрозах (опасностях) для безопасности и указывает на необходимость организации и проведения защитных мероприятий. При этом для оценки и контроля социальной и психологической напряженности в обществе у населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях, необходим ее периодический мониторинг с помощью специально разработанных методик (Симонов, 2010).

На индивидуально-личностном уровне индивидуальная и психологическая защита реализуется посредством формирования специфической регулятивной системы и комплекса защитных механизмов и алгоритмов поведения, которые образуют индивидуальную психологическую защиту.

В рамках этого, проводимые мероприятия по информационной и психологической защите имеют различные формы и виды представления информации, предназначенной для различных целевых групп. Среди них межличностное взаимодействие, контакт-коммуникации, организация и проведение информационных мероприятий с привлечением средств массовой информации (СМИ). Межличностное взаимодействие – беседы со специалистами и экспертами (лидерами мнения) по актуальным проблемам безопасного проживания на радиоактивно загрязненных территориях, включая общение с использованием Интернет-сайтов. Контакт-коммуникации – проведение обучающих семинаров, тренингов, мастер-классов, конференций. Организация и проведение информационных мероприятий с привлечением СМИ, в том числе, передач по радиотелевидению, интервью со специалистами, публикации в прессе. Конечной целью этих мероприятий является формирование оптимальных моделей и стратегий стресс преодолеляющего поведения у населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях.

Информационное обеспечение в условиях обширного радиоактивного загрязнения прежде всего направленно на создание и эффективное функционирование информационной системы поддержки и защиты населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях. Это включает распространение своевременной, достоверной и полной информации по вопросам радиационной безопасности, рискам проживания на радиоактивно загрязненных территориях, мерам по обеспечению социальной защиты населения. Основными задачами информационного обеспечения в условиях радиоактивного загрязнения территорий являются (Сборник..., 1993; Отчет ИБРАЭ РАН, 1995; Отчет ИБРАЭ РАН, 1997):

- повышение уровня радиологической грамотности населения, соблюдение правил проживания и методов ведения хозяйства, пропаганда здорового образа жизни;

- распространение информации о воздействии радиации на здоровье людей и здоровье будущих поколений, об экологической ситуации в регионе, деятельности органов власти по ликвидации последствий радиоактивного загрязнения и социально-экономического развития радиоактивно загрязненных территориях;
- обеспечение доступности информации для населения, учёт особенностей психологии восприятия информации (информация должна быть доходчивой, излагаться простым и доступным языком);
- развитие системы федеральных, ведомственных и региональных информационных ресурсов по вопросам радиационной безопасности и формированию культуры безопасности жизнедеятельности;
- поддержка деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации по информированию населения о радиационной обстановке на соответствующих территориях.

Необходимость качественного осуществления мероприятий по информационной и психологической защите населения, а также долговременный характер преодоления последствий аварии определили стратегию информационного обеспечения населения в рассматриваемых условиях.

Стратегия информационного обеспечения в условиях обширного радиоактивного загрязнения направлена на распространение своевременной, достоверной и полной информации по вопросам радиационной безопасности, рискам проживания на загрязненных территориях, мерам по обеспечению социальной защиты населения. Целью этой стратегии является формирование культуры безопасной жизнедеятельности населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях. Рассматриваемая стратегия, в том числе опирается на принципы информационной и психологической защиты населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территорий, к числу которых относятся (Линге, 2002):

- межгосударственное взаимодействие при формировании информационного обеспечения (в рамках Союзного государства), а также создание единого научно-методического обеспечения систем информационной и психологической защиты населения Российской Федерации и Республики Беларусь;
- деление информационного и психологического обеспечения на зоны и территории с различными уровнями радиоактивного загрязнения и социально-экономическим статусом;
- создание системы ежегодного мониторинга социально-психологических проблем, психического (психологического) состояния и уровня информационной и психологической безопасности населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях;
- профессионализм специалистов, организующих и обеспечивающих информационную и психологическую защиту населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях, в том числе через подготовку, повышение квалификации региональных специалистов органов исполнительной власти и учреждений социальной защиты населения;
- адекватность, достоверность и своевременность представляемой информации.

Положения стратегии информационного обеспечения в условиях обширного радиоактивного загрязнения нашли отражение в нормативных и правовых документах (ФЗ № 149-ФЗ, 2006; ГОСТ Р 22.11.04-2014, 2014; Приказ Минприроды № 638, 2016; Указ № 585, 2018). Стратегия включает нормативную правовую базу, методы и средства информационного обеспечения, а также оценку эффективности мероприятий.

К общим методам информационного обеспечения в условиях радиоактивного загрязнения относятся, в том числе, создание информационных систем, использование средств информирования и оповещение населения, анализ источников информации.

При создании информационных систем должны учитываться содержание информации, воздействию радиации на здоровье людей и здоровье будущих поколений, экологическая ситуация в регионе, деятельность органов власти при ликвидации последствий радиоактивного загрязнения и другие данные.

При использовании средств информирования в первую очередь должны использоваться СМИ, в том числе, телевидение, радио, пресса, ресурсы интернета, ресурсы сотовой связи. Также необходимо использовать листовки, плакаты, специальные издания.

Оповещение населения осуществляется с помощью сообщений по сетям проводного вещания, через местные радиовещательные станции и по телевидению.

В ходе информирования обязательно должен осуществляться анализ используемых источников информации. Достоверность и объективность информации обеспечиваются с помощью анализа и подготовки информационных материалов на основе данных международных и отечественных научных публикаций, отчетов, данных мониторинга.

Используемые средства информационного обеспечения включают аппаратные и программные решения, а также базы данных. Также существует нормативная правовая база, регулирующая информационное обеспечение. К аппаратным средствам в первую очередь относятся автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО), а также комплексная система мониторинга за состоянием защиты населения (КСМ-ЗН), которые подробно рассмотрены в 6 разделе.

Программно-технические комплексы поддержки принятия решений построены на базе географических информационных систем. Также они содержат необходимую справочную информацию, в том числе, нормативно-правовую и научно-методическую.

Оценка эффективности мероприятий информационного обеспечения в

условиях радиоактивного загрязнения осуществляется для того, чтобы определить, насколько информационное обеспечение способствует информированию населения о радиационной обстановке, рисках и мерах защиты, а также формирует адекватное восприятие радиационного риска.

В рамках рассматриваемой стратегии определены и нормативно закреплены общие требования к информационной системе поддержки и защиты населения на радиоактивно загрязненных территориях (ГОСТ Р 22.11.04-2014, 2014). В первую очередь требования по обеспечению эффективного функционирования и безопасности информационных систем поддержки принятия решений и защиты населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях, к числу которых относятся:

1. Организационно-техническое обеспечение информационных систем поддержки и защиты населения на радиоактивно загрязненных территориях должно включать механизмы и способы защиты от внутренних и внешних деструктивных информационных воздействий и возвращения в исходное состояние.

2. Система информационной работы с населением на радиоактивно загрязненных территориях должна обеспечивать: широкий охват контингента, не менее 90 % населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях (контроль за величиной охвата контингента с помощью социологических исследований); сочетание зрительных и слуховых образов; наличие видеоряда сообщений; интерактивную связь с населением (трансляции выступления диктора в режиме реального времени).

3. Информационная работа с населением на радиоактивно загрязненных территориях должна обладать: максимальной оперативностью; достоверностью; технической простотой формирования и распространения сообщения; возможностью анализа происходящих событий; возможностью проводить информационное воздействие с минимальными материальными затратами и рисками.

4. Информационные системы на радиоактивно загрязненных территориях должны содержать следующую информацию: о воздействии радиации на здоровье людей и здоровье будущих поколений; об экологической ситуации в регионе; деятельности органов исполнительной власти при ликвидации последствий радиоактивного загрязнения и социально-экономическом развитии этих территорий; социальных гарантиях и мерах поддержки населения; нормативно-правовую информацию по вопросам реабилитации населения и территорий; технологии и рекомендации по ведению хозяйственной деятельности на загрязненных территориях.

5. Информационные средства системы, располагающиеся на территориях, не подвергшихся радиоактивному загрязнению, но на которых возможно возникновение радиационных аварий, должны содержать следующую информацию: перечень радиационно-опасных объектов инфраструктуры (производства, промышленности); перечень потенциально опасных объектов с риском радиационных аварий с прогнозом их последствий и прогнозом радиационной обстановки; перечень первоочередных действий при возникновении радиационных аварий; план мероприятий по защите населения от последствий таких аварий, согласованный с органами местного самоуправления, органами исполнительной власти, осуществляющими государственный надзор в области обеспечения радиационной безопасности; сведения о медицинских средствах профилактики радиационных поражений и средствах оказания медицинской помощи пострадавшим при радиационной аварии, а также перечень ближайших медицинских пунктов; об аварийно-спасательных формированиях, создаваемых из числа работников (персонала).

6. Операторы информационной системы поддержки принятия решений и защиты населения, проживающего на радиоактивно-загрязненных территориях, обязаны обеспечивать недопущение негативного воздействия на технические и программные средства информационной системы.

Определены и нормативно закреплены требования к источникам информации (ГОСТ Р 22.11.04-2014, 2014):

1. Информация для населения должна быть: доходчивой (излагаемой простым и ясным языком); с элементами новой информации в дополнение к уже имеющейся; соотносящейся с ожиданиями населения; представленной в течение времени, не превышающего порога угасания интереса и тем более не превышающего порога, за которым психоэмоциональное напряжение может лавинообразно вырасти после появления запоздалой информации.

2. Надежность источников информации, ее достоверность и объективность обеспечиваются с помощью: анализа и подготовки информационных материалов на основе данных международных и отечественных научных публикаций, отчетов, данных мониторинга; обязательного использования материалов ведущих национальных и международных учреждений и организаций, работающих над проблематикой преодоления последствий радиационных аварий; создания регистра основных официальных отечественных и международных источников информации (нормативно-правовая база по вопросам защиты населения от последствий радиационных аварий, научные публикации, научные периодические издания, справочные пособия).

3. Информационные материалы должны ориентироваться на их активное применение в различных видах жизнедеятельности для разных групп населения.

4. Адекватность информации должна обеспечиваться как в прямом потоке (от администрации к населению), так и в информационном потоке обратной связи (от населения к администрации).

5. Адекватность информации в прямом потоке может быть достигнута при: точном изложении информации; учете общих психологических закономерностей восприятия информации человеком и учете различий в восприятии информации в разных слоях населения; доходчивом изложении информации,

а также адресности информации, когда учитывается индивидуальность человека (его социальный статус, интеллектуальный уровень, род занятий); учете социально-психологического климата в регионах, куда адресована информация, а также соответствия содержания информации ожиданиям и потребностям населения; своевременности представления информации.

6. Источники информации должны быть доступны каждому человеку, проживающему на радиоактивно загрязненных территориях.

В рамках рассматриваемой стратегии также определены и сформированы требования к средствам информирования населения. При этом основными требованиями к различным средствам информации (телевидение, радио, пресса, интернет, сотовая связь, листовки, плакаты, специальные издания и др.) являются быстрота информирования, доступность, возможность информирования в реальном времени, развитость инфраструктуры, полнота информирования, надежность системы в условиях чрезвычайных ситуаций, простота в использовании, периодичность информирования, широкий охват аудитории и экономическая эффективность.

Таким образом, стратегия информационного обеспечения в условиях обширного радиоактивного загрязнения, в первую очередь, направлена на создание и эффективное функционирование информационной системы поддержки и защиты населения на радиоактивно загрязненных территориях и позволяет обеспечить условия для формирования культуры безопасной жизнедеятельности населения, проживающего на таких территориях.

7.4 Стратегические направления деятельности государства по дальнейшей реабилитации населения и территорий, загрязненных вследствие аварии на Чернобыльской АЭС

Стратегия реализации государственной политики по дальнейшей реабилитации населения и территорий, загрязненных вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, должна осуществляться программно-целевым методом как в

рамках государственных программ России и Беларуси, так и в рамках программы совместной деятельности Союзного Государства.

Основная цель государственной политики в области дальнейшего преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС:

«Создание условий для перехода от послеаварийных реабилитационных мероприятий к возрождению социального и экономического потенциала регионов, пострадавших вследствие чернобыльской катастрофы, повышения доступности и качества жизни граждан, проживающих в этих регионах».

В соответствии с поставленной целью, в качестве основных направлений реализации государственной политики могут быть рекомендованы (Госпрограмма..., 1990; Единая..., 1993; Федеральная..., 2011; 10 лет..., 1996; 20 лет..., 2006; 25 лет..., 2011; 30 лет..., 2016; 35 лет..., 2021; Опыт ..., 2025):

1. Создание условий для социально-экономического развития и инвестиционной привлекательности загрязненных территорий.

На ближайшую перспективу в основу государственной политики по преодолению последствий чернобыльской катастрофы заложен переход от послеаварийных реабилитационных мероприятий к возрождению социального и экономического потенциала пострадавших регионов, создание предпосылок к устойчивому функционированию территорий и поселений, а также условий для их развития.

На современном этапе возвращения сельскохозяйственного производства к нормальной жизнедеятельности (ведению производства по стандартным технологиям) меняется цель разработки и внедрения новых технологических приемов. Разрабатываемые технологические приемы направлены на:

- обоснованность и эффективность принятия управленческих решений по социально-экономическому развитию регионов;

- повышение рентабельности производства (повышение почвенного плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур, а также продуктивности животных);
- обеспечение снижения содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции до нормативных уровней на территориях, где остается риск их превышения.
- создание информационно-консультативной системы о возможностях хозяйственного использования выведенных из оборота сельскохозяйственных земель;
- подготовка инвестиционных проектов освоения запасов минерально-сырьевых ресурсов на исследуемой территории;
- создание аналитической системы оценки и прогноза развития ситуации на территории радиоактивного загрязнения на основе ГИС технологий;
- создание единых методических рекомендаций по кадастровой оценке загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель.

2. Создание условий для возвращения радиоактивно загрязненных территорий к нормальной жизнедеятельности

Несмотря на положительные результаты, полученные по итогам реализации ФЦП и программ Союзного государства, к настоящему времени на территориях с высокими уровнями радиоактивного загрязнения не удалось полностью решить проблему установления режимов использования сельскохозяйственных земель, обеспечивающих безопасную хозяйственную деятельность.

На этих территории центральным звеном являются параметры загрязнения почв земель сельскохозяйственного назначения и их изменение во времени, параметры перехода в растения с учетом временного фактора и изменения условий произрастания, уровень загрязнения продукции и соответствие принятым нормативным показателям для определения направления использования.

Наличие земель с высокими уровнями радиоактивного загрязнения продолжает негативно влиять на радиационную обстановку в целом и требует продолжения постоянного контроля и оценки изменений как радиологического, так и культуртехнического состояния земель.

В соответствии с этим необходимо:

- продолжение многолетних наблюдений, для принятия обоснованных решений по выбору стратегии и технологий реабилитации выведенных из оборота сельскохозяйственных земель, в том числе: залежных, заброшенных, залесенных, пойменных (заболоченных участков) и пахотных земель;
- научное обоснование рационального использования потенциала радиоактивно загрязненных территорий
- создание работоспособной системы управления отселенными территориями и сельскохозяйственными землями, выведенными из оборота в связи с высоким уровнем радиоактивного загрязнения.
- проведение оценки реального состояния земель с применением методов радиологического мониторинга на основе современных ГИС технологий (базы данных, картографической информации и др.).

3. Создание условий для повышения доступности и качества жизни гражданам, пострадавшим в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС

В государственных и федеральных целевых программах по преодолению последствий радиационных аварий решались вопросы создания инфраструктуры, необходимой для обеспечения условий безопасной жизнедеятельности населения на загрязнённых территориях, что в наибольшей степени отвечает целям госполитики. Это строительство и реконструкцию систем газо- и теплоснабжения, водоснабжения и канализации, а также завершение строительства и реконструкцию объектов здравоохранения на территориях Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей.

Охрана здоровья граждан – одно из основных направлений деятельности на протяжении всего периода ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Выявленные нарушения в состоянии здоровья ликвидаторов и населения, проживающего на загрязнённых территориях, а также возможность проявления стохастических эффектов, требуют реализации дальнейших мер в сфере охраны здоровья граждан, подвергшихся радиационному воздействию:

- совершенствование деятельности специализированных медицинских центров по оказанию адресной медицинской помощи гражданам, подвергшимся радиационному воздействию вследствие аварии;
- развитие системы медико-психологической поддержки граждан, подвергшихся радиационному воздействию;
- оказание адресной специализированной медицинской помощи подвергшимся радиационному воздействию гражданам;
- внедрение новых технологий для повышения эффективности оказания медицинской помощи и реабилитации граждан, входящих в группы радиационного риска и проживающих на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению;
- совершенствование методических подходов к выявлению повышенного онкологического риска, нарушений противоопухолевого иммунитета и психологической устойчивости лиц, пострадавших в результате радиационных аварий и катастроф, а также молекулярно-генетических и цитологических изменений у их потомков первого-третьего поколений;
- совершенствование программного и методического обеспечения осуществления государственной радиационно-эпидемиологической регистрации граждан на федеральном и региональном уровнях и актуализация Национального регистра;

- обеспечение деятельности межведомственных экспертных советов по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан с последствиями аварии на Чернобыльской АЭС.

При этом планируемые исследования в этой сфере целесообразно продолжить в части: проведения тщательных обследований отдельных категорий населения с целью изучения реального воздействия аварии и сравнения его с прогнозами; ведения регистров лиц, подвергшихся облучению, а также исследований в области заболеваемости и смертности; эпидемиологических исследований с уделением внимания реконструкции индивидуальной дозы в конкретных органах с целью подтверждения выводов о риске заболевания лейкозом среди работников, принимавших участие в аварийно-восстановительных работах, и раком груди среди женщин, проживающих в наиболее загрязненных районах; исследований роли радиации в появлении сердечно-сосудистых заболеваний у ликвидаторов; исследований последствий высоких поглощенных доз для иммунитета (в частности, на примере переживших острое лучевое поражение) и др.

4. Создание условий для безопасного использования земель сельскохозяйственного назначения и лесного фонда радиоактивно загрязненных территорий

Анализ данных радиационного контроля показывает, что в ряде загрязненных районов получение сельскохозяйственной продукции, соответствующей гигиеническим нормативам, невозможно без проведения специальных защитных мероприятий.

За истекшие 40 лет после катастрофы на ЧАЭС в несколько этапов было проведено снижение допустимых уровней содержания радионуклидов в продуктах питания. Одновременно изменялись и допустимые уровни содержания радионуклидов в кормах. Нормирование животноводческой и растениеводческой продукции, а также сельскохозяйственного сырья за годы,

прошедшие после аварии на ЧАЭС, неоднократно совершенствовалось, при этом включались новые, ранее не учитываемые параметры. Неизменно соблюдался принцип ужесточения норм с целью снижения поступления радионуклидов в кормовые и продовольственные культуры и, тем самым, в продукты питания, что позволило уменьшить дозы внутреннего облучения населения.

Проблема прогнозирования и нормирования поступления радиоактивных элементов в продукцию сельскохозяйственного производства (животноводства) достаточно сложная в современной радиоэкологии и радиационной гигиене. Накопленные экспериментальные данные позволяют только с определенной точностью оценивать допустимые уровни поступления наиболее важных в биологическом отношении радиоизотопов в кормовые культуры и продукты питания.

Для создания условий безопасного их использования можно предложить на данном этапе работ по ликвидации последствий аварии осуществление следующих мероприятий:

- внедрение эффективных технологий и технических средств, направленных на минимизацию последствий радиационных аварий и снижение риска вторичного загрязнения территорий населенных пунктов на радиоактивно загрязненных территориях;
- ведение сельскохозяйственного и лесного хозяйства на загрязнённых территориях с учетом совокупности их радиационно-экологических характеристик путем проведения организационно-технических, технологических, ограничительных, информационных, социально-экономических и профилактических мероприятий, в том числе в целях снижения загрязненности сельскохозяйственной и лесной продукции;

- предотвращение деградации земель с высокими плотностями загрязнения, которые временно выведены из землепользования, с целью их последующего возвращения в сельскохозяйственное производство;
- проведение работ по паспортизации радиоактивно загрязненных территорий (населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, лесов);
- разработка стандартов безопасного проживания населения на радиоактивно загрязненных территориях.

Кроме того, необходимо разработать единые рекомендации по стратегии реабилитации отчужденных сельскохозяйственных земель и развития животноводства, включающие:

- оценку эффективности технологий реабилитации отчужденных земель для их возвращения в хозяйственное использование постепенно и снижения выбросов парниковых газов в агроценозах с целью реализации стратегии низкоуглеродного развития;
- внедрение комплекса практических мероприятий, направленных на развитие овцеводства в личных подсобных и фермерских хозяйствах на территории радиоактивного загрязнения;
- методические подходы по унификации нормативов содержания радионуклидов в сырье и кормах для крупного рогатого скота.

Исследования в этой области должны быть продолжены по определению: параметров долгосрочного переноса радионуклидов в различных экосистемах и разных природных условиях для совершенствования моделей прогнозирования, применимых как к районам, пострадавшим от аварии, так и к возможным радиоактивным выбросам в будущем; механизмов поведения радионуклидов в менее изученных экосистемах.

В целях обеспечения практического внедрения полученных результатов рекомендовать заинтересованным министерствам, ведомствам, органам госу-

дарственного управления и организациям использование единых рекомендаций по стратегии реабилитации отчужденных земель и развития животноводства.

5. Совершенствование систем мониторинга и их элементов, а также прогнозирования обстановки на загрязненных территориях

Мониторинг радиоактивного загрязнения территорий, пострадавших вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, необходим в целях оценки существующего и прогнозирования будущего уровня облучения населения и загрязнения пищевых продуктов; планирования потребности в мерах по реабилитации населения и территорий, информирования общественности пострадавших районов о плотности загрязнения пищевых природных продуктов и изменениях в радиационной обстановке. В целях совершенствования систем мониторинга и их элементов предлагается:

- продолжить развитие комплексной системы мониторинга на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению;
- осуществить разработку и внедрение систем поддержки принятия решений по вопросам реабилитации территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие радиационных аварий и катастроф;
- продолжить исследование долгосрочных последствий воздействия ионизирующего излучения для флоры и фауны в сильно загрязнённых зонах (зоне отчуждения), обеспечивающих уникальные естественные условия для радиоэкологических и радиобиологических исследований.

6. Повышение готовности органов управления и сил к действиям по минимизации последствий радиационных аварий на основе совершенствования технической, технологической, нормативно-методической и организационной базы

Анализ материала, изложенного в предыдущих разделах настоящего доклада, показывает, что эффективность действий органов управления и сил при

реагировании на радиационные аварии напрямую зависит от их способности правильно оценить обстановку и своевременно принять необходимые решения. Степень минимизации последствий при этом во многом определяется профессиональной подготовленностью личного состава, обеспеченностью техническими средствами и владением современными технологиями проведения работ по ликвидации последствий аварий. В связи с этим в целях повышения готовности органов управления и сил по минимизации последствий радиационных аварий на предстоящем этапе необходимо предусмотреть следующие мероприятия:

- совершенствование технической базы и технологий защитных мероприятий по преодолению последствий радиационных аварий;
- создание и внедрение системы защиты населения при обращении с большими объемами материалов и отходов с низким уровнем радиоактивности;
- развитие системы обучения специалистов региональных органов исполнительной власти и населения по вопросам радиационной безопасности с учетом накопленного опыта преодоления последствий радиационных аварий;
- гармонизацию законодательства в области радиационной защиты населения и формирование комплексного плана действий федеральных и региональных органов исполнительной власти по обеспечению безопасной жизнедеятельности населения на 2026-2035 годы.

7. Информационная поддержка и социально-психологическая реабилитация граждан, подвергшихся радиационному воздействию

Недостатки в информационном обеспечении населения, пострадавшего вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, при имевшем место в конце 80-х годов прошлого столетия резком переходе от закрытой системы управления в атомной промышленности и энергетике к режиму гласности и плюрализма

мнений, когда информационный вакуум был заполнен некомпетентными и сенсационными публикациями об аварии и её последствиях стали основными причинами осложнения социально-психологической обстановки на пострадавших территориях, справиться с которой, несмотря на большую работу, проделанную в последующие годы по улучшению информационного обеспечения населения, подвергшегося радиационному воздействию, и мерам по социально-психологической реабилитации, пока в полной мере не удалось.

В целях улучшения информационного обеспечения и социально-психологической реабилитации граждан, подвергшихся радиационному воздействию, предлагается предусмотреть следующие мероприятия:

- информационно-аналитическая поддержка государственных заказчиков по реализации системы программных мероприятий;
- создание единой информационной системы по вопросам обеспечения радиационной безопасности населения и проблемам преодоления последствий радиационных аварий;
- реализация комплекса мероприятий по обеспечению прав граждан на получение достоверной информации о радиационной обстановке и мерах по обеспечению радиационной безопасности на основе развития региональных систем информационных электронных ресурсов, формированию культуры безопасности жизнедеятельности населения;
- разработка комплекса эффективных технологий, реализация и совершенствование системы мер по социально-психологической адаптации населения, подвергшегося радиационному воздействию, и формированию культуры безопасности жизнедеятельности;
- информирование населения о реальных успехах в области радиозологической безопасности на загрязненных территориях и их экономическом развитии, безопасности проживания на территориях, подвергшихся

воздействию малых доз радиации, отсутствию риска негативных последствий для здоровья.

8. Международное сотрудничество в области преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС

В этой области предлагаются следующие мероприятия:

- разработка и реализация единой научно-практической Программы с Республикой Беларусь по преодолению последствий аварии;
- гармонизация с Республикой Беларусь критериев, подходов и законодательных актов в области смягчения последствий аварии на Чернобыльской АЭС и защиты населения, проживающего на загрязненных территориях;
- анализ имеющегося международного опыта в области обеспечения проживания и защиты населения на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, и адаптация этого опыта к условиям Российской Федерации;
- гармонизация законодательных и регулирующих документов Российской Федерации с существующими международными стандартами безопасности в области длительного проживания населения на радиоактивно загрязненных территориях;
- обеспечение участия России в реализации проектов ПРООН и МАГАТЭ, а также плана действий ООН по реабилитации территории и населения, проживающего в районах, подвергшихся воздействию аварии на Чернобыльской АЭС;
- обеспечение реализации приоритетов Сендайской рамочной программы действий по созданию и поддержанию в постоянной готовности на всех уровнях государственного и муниципального управления России эффективной системы реагирования на чрезвычайные ситуации, в том числе радиационного характера.

В целом, реализация государственной политики в области дальнейшей реабилитации населения и территорий вследствие аварии на Чернобыльской АЭС позволит обеспечить:

- безопасное состояние окружающей среды (уже сейчас максимальные значения экологического риска в наиболее загрязненных районах Брянской области в десятки раз ниже установленных безопасных уровней облучения биоты);
- переход к условиям нормальной жизнедеятельности населения, реабилитацию и возвращение к ведению сельского хозяйства без ограничений (по радиологическим критериям), а также возврат в сферу хозяйственной деятельности территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению;
- безопасность жизнедеятельности и медико-социальную защиту наиболее пострадавших категорий населения, а также специализированную медицинскую помощь лицам из группы риска;
- повышение уровня и качества жизни населения, социально-экономический рост территорий, подвергшихся радиационному воздействию;
- повышение готовности органов управления всех уровней и населения к решению задач предупреждения чрезвычайных ситуаций радиационного характера и преодоления их последствий.

7.5 Подготовка специалистов по вопросам радиоэкологии и радиационной безопасности

Радиоактивное загрязнение окружающей среды представляет собой перманентную угрозу для современной цивилизации. К выбросам радиоактивных веществ и формированию повышенного радиационного фона могут привести, например, как аварии, так и штатные ситуации на АЭС и объектах ядерно-топливного цикла, а также возможное их повреждение в результате природных

катаклизмов, террористических актов или военных действий. Помимо радионуклидов техногенного происхождения в определенных ситуациях опасность могут представлять и естественные радионуклиды. Например, радон, который накапливается в плохо вентилируемых помещениях, или радионуклиды, содержащиеся в отходах тепловых электростанций. В случае значительного радиоактивного загрязнения наиболее важными и взаимосвязанными вопросами являются:

- обеспечение радиационной безопасности для населения загрязненных территорий и персонала, который будет проводить противорадиационные мероприятия;
- формирование повышенного радиационного фона и дополнительной дозовой нагрузки на биоту и человека;
- радиоактивное загрязнение продукции сельскохозяйственного, лесного и водного хозяйств, источников водоснабжения;
- динамика поведения радионуклидов в экосистемах (вертикальная миграция их в почве, перераспределение в системах типа «почва – растения», «водная толща – гидрофиты - донные отложения» и по компонентам растительного покрова);
- транслокация радионуклидов в биогеохимически сопряженных ландшафтах, на водосборных территориях.

Всеми этими вопросами занимается в первую очередь отдельное научное направление в радиобиологии – радиоэкология. Отметим сразу, что поскольку ионизирующее излучение при радиоактивном загрязнении окружающей среды выступает опасным экологическим фактором, то радиоэкологи помимо экологической подготовки должны обладать исчерпывающими знаниями по радиационной безопасности, т.е. быть одновременно специалистами и в этой области. Существование очагов радиоактивного загрязнения на территории нашей страны и потенциальная возможность появления новых таких

очагов диктует необходимость подготовки достаточного количества квалифицированных специалистов в области радиоэкологии и радиационной безопасности.

С административной точки зрения, в условиях интенсивного развития атомной энергетики и промышленности, такие кадры нужны при решении следующих базовых задач:

- обоснование радиационной и экологической безопасности объектов атомной энергетики на стадии проектирования и разработки проектирования документации (ОВОС);
- обеспечение радиационной и экологической безопасности объектов атомной энергетики и промышленности при эксплуатации в штатном режиме;
- разработка превентивных мероприятий по обеспечению радиационной и экологической безопасности в различных отраслях экономики для предотвращения и снижения последствий аварий на объектах атомной энергетики и промышленности;
- разработка систем реагирования и мероприятий по обеспечению радиационной и экологической безопасности при авариях и инцидентах на объектах атомной энергетики и промышленности.

Авария на Чернобыльской АЭС и возникшие трудности с минимизацией ее экологических последствий высветили определенные проблемы в кадровой области и стали стимулом к развитию плановой подготовки радиоэкологов в нашей стране.

Использование опыта изучения последствий радиационных аварий при подготовке специалистов в области радиоэкологии и радиационной безопасности

Исследования экологических последствий радиационных аварий позволили собрать и обобщить обширный материал, получивший отражение в многочисленных публикациях различного уровня. Наглядным примером такого обобщения и научного анализа радиоэкологической информации может служить часто используемая студентами и преподавателями, объемная монография «Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры» (Алексахин и др., 2001), в которой представлены результаты таких исследований, проводившихся на территории нашей страны. Вся эта накопленная информация имеет огромную фундаментальную научную ценность, но помимо этого история радиационных аварий и описание проведения исследований и мероприятий на местах позволяют сделать также важные практические выводы. И в частности, стало очевидно, что радиоэкологи при планировании и проведении мероприятий по минимизации экологического ущерба таких инцидентов выполняли по сути функции системных аналитиков, которые видели сложившуюся радиологическую ситуацию в целом. Это помогало координировать усилия по минимизации и ликвидации экологических последствий аварий. Радиоэкологи подходили к анализу ситуации с позиций системного подхода. В случае с чернобыльской аварией использование такого подхода и применение его практического компонента - системного анализа позволили построить на основе данных, собранных в ходе полевых и лабораторных исследований, математические модели разного уровня и шага по времени и дать прогнозы развития ситуации.

Опыт изучения и ликвидации экологических последствий аварии на Чернобыльской АЭС показал, что специалисты, принимавшие участие в аналогичных работах на Урале (Кыштымская авария, 1957 год), во многом сыграли

ключевую роль на первом этапе черновыльских исследований. Их теоретические знания и практический опыт помогли быстро и эффективно осуществить планирование и организацию научно-исследовательских работ и в дальнейшем способствовали развитию радиоэкологического научного сообщества в нашей стране. Собранные этими учеными данные и результаты их анализа и обобщения впоследствии были использованы в сфере образования при подготовке специалистов по направлениям радиоэкологии и радиационной безопасности.

Черновыльские исследования происходили в более открытой информационной обстановке, в них даже принимали участие специалисты из других стран, что способствовало интенсивному обмену опытом, методологиями, привлекалась современная зарубежная научная аппаратура. Результаты многолетних черновыльских исследований стали еще более ценным источником исходной информации при подготовке кадров подобного профиля. По сути дела, именно они сейчас положены в основу образовательного процесса. Опыт черновыльских и пост-черновыльских исследований подтвердил, что компетенциями, необходимыми при изучении экологических последствий радиоактивного загрязнения и разработке мер снижения ущерба и обеспечения радиационной безопасности для населения и биоты, в полной мере обладают выпускники, целенаправленно обучавшиеся по направлению «радиоэкология». Отсюда вытекает и наш тезис о важности плановой подготовки специалистов-радиоэкологов.

Плановая подготовка радиоэкологов в высших учебных заведениях Российской Федерации

Внимание подготовке специалистов, которые могли бы быть задействованы в случае радиоактивного загрязнения территорий, уделяют разные ВУЗы нашей страны, но чаще всего это чтение отдельных спецкурсов в рамках об-

щей программы обучения. В качестве примера плановой и системной подготовки квалифицированных кадров в этой области знаний в настоящее время можно рассмотреть деятельность кафедры радиоэкологии и экотоксикологии факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова и кафедры агрономической, биологической химии и радиологии института биотехнологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Учебный процесс этих подразделений направлен на формирование у учащихся полного набора компетенций, необходимых для работы в регионах, подвергшихся радиоактивному загрязнению, и проведения научных и мониторинговых радиоэкологических исследований в районах расположения радиационно-опасных объектов. В ходе обучения студенты получают теоретические знания о поведении естественных и техногенных радионуклидов в окружающей среде, о формировании дозовых нагрузок на человека и биоту, об особенностях проведения мониторинга радиационной обстановки в природных, природно-антропогенных и антропогенных экосистемах на фоновых и радиоактивно-загрязненных территориях. Помимо этого, они знакомятся с рекомендациями по проживанию населения и ведению сельского и лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения и методами их разработки. Необходимой базой получаемых знаний в этой области являются рекомендации МАГАТЭ, национальные нормативные и методические требования в области охраны окружающей среды и обеспечения радиационной безопасности, которые также доводятся до сведения студентов.

Тематика плановой подготовки отражает то разнообразие проблем, которые возникли в результате аварии на Чернобыльской АЭС, решались все прошедшие 40 лет после аварии и продолжают быть актуальными до сих пор. Именно опыт исследования экологических последствий чернобыльской аварии и других радиационных инцидентов позволил сформулировать спектр следующих тем, которые рассматриваются в процессе обучения:

- динамика распределения естественных и техногенных радионуклидов в почвенном и растительном покрове природных и антропогенных экосистем, процессы миграции и биогеохимические циклы радионуклидов в наземных и водных экосистемах;
- загрязнение сельскохозяйственной и лесохозяйственной продукции при различных сценариях радиоактивных выпадений;
- ветеринарная радиобиология и проблемы животноводства, связанные с радиоактивным загрязнением сельскохозяйственных угодий;
- формирование дозовых нагрузок на биоту и человека на радиоактивно-загрязненных территориях;
- влияние ионизирующего излучения на биоту и структуру экосистем, в том числе и при сочетанном воздействии с экотоксикантами химической природы;
- экранирование ионизирующих излучений почвой, динамика этого эффекта в связи с вертикальной и латеральной миграцией радионуклидов в почве;
- организация и проведение радиоэкологического мониторинга в зонах влияния объектов использования атомной энергии;
- проведение радиоэкологических экспертиз в местах как уже случившегося, так и предполагаемого радиоактивного загрязнения или планируемого размещения предприятий ядерно-топливного цикла;
- хранение и переработка радиоактивных отходов;
- оценка радиационных и экологических рисков на загрязненных территориях;
- контрмеры по снижению экологического ущерба, которые применяются при радиоактивном загрязнении территорий;
- математическое моделирование поведения радионуклидов в экосистемах и их компонентах, расчет динамики дозовой нагрузки;

- нормативно-правовые и методические основы охраны окружающей среды и обеспечения радиационной безопасности;
- эколого-экономическая оценка радиоактивно-загрязненных земель;
- применение радиоэкологических методов в других областях науки.

С полным перечнем курсов и спецкурсов, которые преподаются на этих кафедрах, и их программами можно ознакомиться на соответствующих информационных ресурсах (РГАУ-МСХА, 2026; МГУ, 2026). В рамках этих программ обучения специалистов-радиоэкологов был также опубликован целый ряд учебников и учебных пособий, которые призваны помочь учащимся в освоении профильных дисциплин (Касьяненко и др., 2011; Торшин, Смолина, 2016; Фокин и др., 2017; Манахов и др., 2019; Торшин и др., 2019; Мамихин, Щеглов, 2020; Торшин, Смолина, 2024; Агапкина и др., 2025; Липатов и др., 2025; Столбова и др., 2025).

Помимо теоретических знаний при плановой подготовке учащиеся получают практические навыки проведения научно-исследовательских и мониторинговых работ, включая, в первую очередь, технику безопасности при работе на радиоактивно-загрязненной местности и (или) с радиоактивными объектами, методику отбора и обработки проб объектов окружающей среды (воздуха, почвы, донных отложений, воды, растительности, живых организмов и т.д.), порядок проведения радиометрических и спектрометрических измерений, использование биотестирования для оценки уровня воздействия ионизирующего излучения на биоту. Еще одним важным направлением подготовки является ознакомление с применением в этой области знаний информационных технологий (в том числе с цифровизацией исследований и использованием элементов искусственного интеллекта) и метода математического моделирования с выполнением практических работ по созданию баз данных и построению прогностических имитационных моделей. Выполнение курсовых и дипломных работ часто включает в себя участие студентов и аспирантов в экс-

педициях в радиоактивно-загрязненные районы для сбора исходного материала для работы. Таким образом, обеспечивается необходимый уровень подготовки специалистов по рассматриваемому профилю.

Полезным дополнением к базовому обучению являются научно-производственные практики, особенно те, что проводятся в учреждениях и предприятиях, деятельность которых прямо или косвенно касается работы с радиоактивными веществами. Эти организации, как правило, с пониманием относятся к проведению практик в своих стенах. Здесь особенно хотелось бы отметить Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» НИЦ «Курчатовский институт».

Ежегодное количество выпускников кафедры радиоэкологии и экотоксикологии факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова и кафедры агрономической, биологической химии и радиологии института биотехнологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева колеблется в интервале от 3 до 10 человек. При возникновении потребности в большем количестве радиоэкологов количество выпускников может быть увеличено в несколько раз. Подготовка высококвалифицированных специалистов включает в себя обучение в аспирантуре. В этом направлении в МГУ имени М.В. Ломоносова и РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева ведется постоянная работа. Успешные защиты работ наших выпускников на соискание ученой степени кандидата наук могут быть показателем уровня плановой подготовки специалистов-радиоэкологов.

Отметим, что эти кафедры осуществляют подготовку радиоэкологов широкого профиля, которая позволяет таким специалистам грамотно подходить к решению проблем в любых ситуациях, связанных с радиоактивным загрязнением окружающей среды, привлекая при необходимости специалистов других направлений. Так, при возникновении более узких проблем практического характера, могут понадобиться дополнительные специфические решения,

например, инженерные. Специалистов подобного профиля готовят подразделения технических ВУЗов, такие, как кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии Санкт-Петербургского государственного технологического института или НИЯУ МИФИ. А вопросы, связанные с химическими процессами, определяющими поведение радионуклидов, могут быть решены, например, в сотрудничестве с выпускниками кафедры радиохимии химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Для решения медицинских проблем также могут быть привлечены специалисты, подготовленные в профильных учреждениях страны, например в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

Проблемы, с которыми учебные подразделения сталкиваются в процессе обучения студентов и аспирантов

К сожалению, в настоящее время имеются серьезные проблемы, которые снижают качество преподавания и усвоение учебного материала учащимися. Наиболее серьезная специфическая проблема – устаревшая приборная база, которая не соответствует современным стандартам и методикам проведения радиоэкологических исследований, а также потребностям исследователей. Поскольку уровень загрязнений сейчас в основном низкий, чувствительности имеющейся измерительной техники не хватает для получения актуальной информации. Еще одна важная проблема – недостаток помещений для размещения аппаратуры и проведения лабораторных практических и научно-исследовательских работ учащимися. При необходимости проведения полевых работ главное затруднение – финансовое обеспечение связанных с этим мероприятий – транспортировка, проживание, питание студентов. Отмечается также недостаток расходных материалов, необходимых для проведения учащимися лабораторных работ, в первую очередь для радиохимического анализа. Это можно обеспечить только за счет грантов, которые не всегда имеются.

Проблема общего характера, которую приходится решать силами преподавателей ВУЗов, – слабая базовая школьная подготовка поступающих по физике, математике, биологии, химии.

Предложения по тактике и стратегии в области подготовки специалистов по вопросам радиоэкологии и радиационной безопасности в ВУЗах страны

Учитывая важность подготовки специалистов-радиоэкологов, можно рекомендовать следующие меры по увеличению численности специалистов в этой области и повышению их компетентности.

Предложения тактического характера:

- Увеличение штата преподавателей и целевых бюджетных мест для студентов, пожелавших обучаться по данной специальности. При этом следует учесть определенную радиофобию среди учащихся и создать преференции для желающих обучаться по данному профилю, например повышенные стипендии для успевающих студентов (оценки не ниже 4 на экзаменах).
- Предоставление более просторных помещений для проведения практических занятий и оснащение кафедр современным оборудованием для проведения радиометрических и спектрометрических измерений, в первую очередь, позволяющим работать на низкофоновых территориях и с малоактивными образцами.
- Государственное финансирование командировок и экспедиций с участием студентов и аспирантов в радиоактивно-загрязненные районы.
- Разрешение подразделениям ВУЗов, занимающимся подготовкой радиоэкологов, иметь источники излучения, необходимые для учебного процесса, повышение для этих подразделений класса опасности.
- Включение в список специальностей ВАК РФ отдельной строкой специальности «Радиоэкология» (сейчас работы по радиоэкологии рассматриваются в рамках специальностей «Радиобиология» или «Экология»).

- Поощрение учреждений и предприятий, которые предоставляют учащимся проходить у себя научно-производственную практику.

Предложения стратегического характера:

- Выделить специальность «Радиобиология» как самостоятельную учебную дисциплину (Министерство науки и высшего образования РФ).
- Выделить «Радиоэкологию» как самостоятельное направление «Радиобиологии».
- Разработать стандарты и программы для подготовки специалистов в области радиоэкологии и ее направлений (сельскохозяйственная, лесная, водная и т.п.).
- Увеличить число подразделений ВУЗов, планово выпускающих специалистов-радиоэкологов.

Для нашей страны, имеющей развитую ядерную энергетику и обладающей ядерным оружием, необходимо иметь достаточное количество высококвалифицированных специалистов, в том числе способных осуществлять радиоэкологический мониторинг и в случае необходимости руководить борьбой с негативными экологическими последствиями радиоактивного загрязнения окружающей среды. При недостатке специалистов-радиоэкологов можно, конечно, привлечь исследователей из других областей знаний. Однако опыт чернобыльских исследований показал, что это в ряде случаев приводило к получению недостоверной информации и неверной оценке радиационных рисков. Определенным решением в такой ситуации может быть дополнительное обучение в подразделениях, ведущих плановую подготовку радиоэкологов, например, в рамках планируемого с 2027 года специализированного высшего образования.

Подготовка специалистов данного профиля ведется на основе опыта, полученного при изучении и ликвидации экологических последствий радиационных аварий, в первую очередь аварии на Чернобыльской АЭС, как наиболее

масштабной и затронувшей все типы наземных и водных экосистем. Учебные программы большинства преподаваемых дисциплин построены на материале, собранном в ходе чернобыльских исследований.

За период, прошедший с чернобыльской аварии, программы обучения специалистов-радиоэкологов достигли максимально возможной на данный момент актуальности, полноты и эффективности. Все это время шло постоянное обновление и модернизация как самих программ, так и методик их преподавания в ВУЗах, писались новые учебники и учебные пособия.

В настоящее время идет смена поколений исследователей в области радиоэкологии и радиационной безопасности, встает вопрос о передаче накопленного опыта и навыков работы на радиоактивно-загрязненных территориях. Ученые-радиоэкологи, которые были непосредственными участниками изучения и ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, в силу своего возраста уже нуждаются в полноценной поддержке и даже замене следующим поколением при проведении полевых и экспериментальных исследований. Это диктует необходимость обратить самое пристальное внимание на плановую подготовку специалистов данного профиля в ВУЗах нашей страны.

В завершение отметим, что компетенции, получаемые будущими специалистами-радиоэкологами в процессе планового обучения, позволяют им успешно работать в ситуациях, связанных с другими типами техногенного загрязнения, например, различного рода экотоксикантами – тяжелыми металлами, пестицидами, гербицидами, с нефтяным загрязнением и т.д.

Список литературы к разделу 7

1. 10 лет Чернобыльской катастрофы: Итоги и проблемы преодоления ее последствий в России : Российский национальный доклад. — Москва, 1996. — Текст : непосредственный.
2. 20 лет Чернобыльской катастрофы: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2006 : Российский национальный доклад / под

- редакцией С. К. Шойгу, Л. А. Большова. — Москва, 2006. — 92 с. — Текст : непосредственный.
3. 25 лет Чернобыльской аварии: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2011 : Российский национальный доклад / под редакцией С. К. Шойгу, Л. А. Большова. — Москва, 2011. — 160 с. — Текст : непосредственный.
 4. 30 лет Чернобыльской аварии: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2016 : Российский национальный доклад / под редакцией В. А. Пучкова, Л. А. Большова. — Москва, 2016. — 202 с. — Текст : непосредственный.
 5. 35 лет Чернобыльской аварии: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986—2021 : Российский национальный доклад / под общей редакцией Л. А. Большова. — Москва, 2021. — 104 с. — Текст : непосредственный.
 6. Агапкина, Г. И. Формы соединений радионуклидов в почве : учебное пособие для студентов факультета почвоведения МГУ / Г. И. Агапкина, Д. В. Манахов, А. И. Щеглов. — Москва : МАКС Пресс, 2025. — 128 с. — Текст : непосредственный.
 7. Алексахин, Р. М. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры : монография / Р. М. Алексахин, Л. А. Булдаков, В. А. Губанов [и др.] ; под общей редакцией Л. А. Ильина, В. А. Губанова. — Москва : ИздАТ, 2001. — 752 с. — Текст : непосредственный.
 8. Владимиров, В. А. Основные направления государственной политики в области дальнейшей реабилитации населения и территорий, пострадавших вследствие аварии на Чернобыльской АЭС / В. А. Владимиров // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. — 2012. — Т. 2, № 2. — С. 822–835. — Текст : электронный.
 9. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов : СанПиН 2.3.2.560-96 : утверждены постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 24 октября 1996 г. № 27. — Текст : непосредственный.
 10. ГОСТ Р 22.11.04-2014. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Безопасность жизнедеятельности населения на радиоактивно загрязненных территориях. Требования к информационной работе с населением. Основные положения : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 мая 2014 г. № 441-ст : дата введения 2015-04-01. — Москва : Стандартинформ, 2015. — 8 с. — Текст : непосредственный.

11. Государственная программа неотложных мер на 1990-1992 годы по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС : утверждена постановлением Верховного Совета СССР от 25 апреля 1990 г. № 1452-1 // Ведомости Съезда народных депутатов СССР и Верховного Совета СССР. — 1990. — № 19. — Ст. 321. — Текст : непосредственный.
12. Государственная союзно-республиканская программа неотложных мер на 1990-1992 годы по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС : утверждена Верховным Советом СССР. — Текст : непосредственный.
13. Единая государственная программа по защите населения Российской Федерации от воздействия последствий чернобыльской катастрофы на 1992-1995 годы и на период до 2000 года : утверждена постановлением Верховного Совета Российской Федерации от 14 июля 1993 г. № 5437-1 в части неотложных мер на 1993-1995 годы // Собрание законодательства Российской Федерации. — 1993. — № 30. — Ст. 1167. — Текст : непосредственный.
14. Закон РСФСР от 15 мая 1991 г. № 1244-1 «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» // Ведомости Съезда народных депутатов РСФСР и Верховного Совета РСФСР. — 1991. — № 21. — Ст. 699. — Текст : непосредственный.
15. Информационно-аналитическое обеспечение работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС // Отчет ИБРАЭ РАН за 1992 г. — Москва : ИБРАЭ РАН, 1992. — Текст : непосредственный.
16. Итоги реализации целевых программ по преодолению последствий радиационных аварий. — Текст : электронный // Официальный сайт МЧС России. — URL: <https://mchs.gov.ru/> (дата обращения: 14.03.2026).
17. Итоги реализации целевых программ по преодолению последствий радиационных аварий. — Текст : электронный // Официальный сайт МЧС России. — URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/informacionnye-proekty/30-letie-katastrofy-na-chernobylskoy-aes/itogi-realizacii-celevykh-programm-po-preodoleniyu-posledstviy-radiacionnykh-avariy> (дата обращения: 20.02.2021).
18. Касьяненко, А. А. Практические работы по курсу «Радиоэкология» : учебное пособие / А. А. Касьяненко, О. А. Максимова, С. В. Мамихин [и др.]. — Москва : РУДН, 2011. — 211 с. — Текст : непосредственный.

19. Кафедра агрономической, биологической химии и радиологии. — Текст : электронный // Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева : официальный сайт. — URL: <https://www.timacad.ru/education/instituty/institut-agrobiotekhnologii/kafedra-agronomicheskoi-biologicheskoi-khimii-i-radiologii> (дата обращения: 14.03.2026).
20. Кафедра радиоэкологии и экотоксикологии. — Текст : электронный // Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения : официальный сайт. — URL: <https://soil.msu.ru/kafedry/kaf-radioecologia> (дата обращения: 14.03.2026).
21. Конституция Российской Федерации : принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 г. (с учетом поправок). — Текст : непосредственный.
22. Концепция проживания населения в районах, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС // Сборник информационно-нормативных материалов по вопросам преодоления в Российской Федерации последствий чернобыльской катастрофы. — Москва, 1993. — С. 244-247. — Текст : непосредственный.
23. Концепция радиационной, медицинской, социальной защиты и реабилитации населения Российской Федерации, подвергшегося аварийному загрязнению / Российская научная комиссия по радиационной защите (РНКРЗ). — 1995. — Текст : непосредственный.
24. Линге, И. И. Информационные технологии поддержки принятия решений при радиационных авариях : диссертация ... доктора технических наук : 05.26.02 / Линге Игорь Иннокентьевич ; Институт биофизики МЗ РФ. — Москва, 2002. — 237 с. — Текст : непосредственный.
25. Липатов, Д. Н. Радиоэкологический мониторинг в лесных экосистемах : учебное пособие для студентов факультета почвоведения МГУ, для работников лесного хозяйства и специалистов, проводящих экологический мониторинг на загрязненных территориях / Д. Н. Липатов, Д. В. Манахов, Е. В. Цветнов [и др.]. — Москва : МАКС Пресс, 2025. — 100 с. — Текст : непосредственный.
26. Мамихин, С. В. Имитационное моделирование в экологии, радиоэкологии и радиобиологии : учебное пособие / С. В. Мамихин, А. И. Щеглов. — Москва : МАКС Пресс, 2020. — 60 с. — Текст : непосредственный.
27. Манахов, Д. В. Практикум по радиоэкологии : учебно-методическое пособие для студентов факультета почвоведения МГУ / Д. В. Манахов, Д. Н. Липатов, А. И. Щеглов. — Москва : МАКС Пресс, 2019. — 92 с. — Текст : непосредственный.

28. Международный Чернобыльский проект. Оценка радиологических последствий и защитных мер : доклад Международного консультативного комитета. — Москва : ИЗДАТ, 1991. — 640 с. — Текст : непосредственный.
29. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) : санитарные правила и нормативы. СанПиН 2.6.1.2523-09. — Москва : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. — 100 с. — Текст : непосредственный.
30. Об установлении требований к сбору, обработке, хранению, предоставлению, распространению информации о радиационной обстановке, содержащейся в единой государственной автоматизированной системе мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации и ее функциональных подсистемах, а также к обмену информацией о радиационной обстановке : приказ Минприроды РФ от 6 декабря 2016 г. № 638. Зарегистрирован в Минюсте России 9 января 2017 г. № 45106. — Москва, 2017. — Текст : непосредственный.
31. Об утверждении Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу : Указ Президента РФ от 13 декабря 2018 г. № 585 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2018. — № 51. — Ст. 7871. — Текст : непосредственный.
32. Опыт и результаты деятельности Республики Беларусь по радиационной защите населения и реабилитации территорий радиоактивного загрязнения вследствие аварии на Чернобыльской АЭС / Департамент по ядерной и радиационной безопасности ; под общей редакцией Н. Н. Цыбулько. — Минск : ИВЦ Минфина, 2025. — 212 с. — Текст : непосредственный.
33. Программа совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союза Беларуси и России на 1998-2000 годы : утверждена постановлением Исполнительного комитета Союза Беларуси и России от 10 июня 1998 г. № 1. Действие программы продлено на 2001 год постановлением Совета Министров Союзного государства от 21 декабря 2000 г. — Текст : непосредственный.
34. Программа совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства на 2002–2005 годы : утверждена постановлением Совета Министров Союзного государства от 9 апреля 2002 г. № 17. — Текст : непосредственный.
35. Программа совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства на 2006–2010 годы :

- утверждена постановлением Совета Министров Союзного государства от 26 сентября 2006 г. № 33. — Текст : непосредственный.
36. Программа совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства на период до 2016 года : постановление Совета Министров Союзного государства от 13 декабря 2013 г. № 21. — Текст : непосредственный.
37. Программа совместной деятельности России и Беларуси в рамках Союзного государства по защите населения и реабилитации территорий, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС : постановление Совета Министров Союзного государства от 29 августа 2019 г. № 8. — Текст : непосредственный.
38. Российская Федерация. Законы. Об информации, информационных технологиях и защите информации : Федеральный закон № 149-ФЗ от 27 июля 2006 г. : [принят Государственной Думой 8 июля 2006 г. : одобрен Советом Федерации 14 июля 2006 г.]. — Москва, 2006. — 89 с. — Текст : непосредственный.
39. Сборник информационно-нормативных материалов по вопросам преодоления в Российской Федерации последствий чернобыльской катастрофы : в 2 частях. — Москва : ИБРАЭ РАН, 1993. — Текст : непосредственный.
40. Симонов, А. В. Информационно-психологическая защита населения радиоактивно загрязненных территорий (РЗТ) России и Беларуси после аварии на ЧАЭС в отдаленном периоде : диссертация ... кандидата психологических наук : 05.26.02 / Симонов Александр Васильевич ; ИБРАЭ РАН. — Москва, 2010. — 207 с. — Текст : непосредственный.
41. Системно-аналитическое и информационное обеспечение работ по ликвидации последствий чернобыльской катастрофы : итоговый отчет по НИР. — Москва : ИБРАЭ РАН, 1995. — Текст : непосредственный.
42. Системно-аналитическое и информационное обеспечение работ по ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы за 1996 год : итоговый отчет по НИР. — Москва : ИБРАЭ РАН, 1997. — Текст : непосредственный.
43. Столбова, В. В. Радиобиология растений : учебное пособие для студентов факультета почвоведения МГУ / В. В. Столбова, А. И. Щеглов, О. Б. Цветнова [и др.]. — Москва : МАКС Пресс, 2025. — 112 с. — Текст : непосредственный.
44. Торшин, С. П. Биогеохимия радионуклидов : учебник для вузов / С. П. Торшин, Г. А. Смолина. — Москва : Инфра-М, 2016. — 320 с. — Текст : непосредственный.

45. Торшин, С. П. Практикум по сельскохозяйственной радиологии : учебное пособие / С. П. Торшин, Г. А. Смолина, А. С. Пельтцер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 212 с. — Текст : непосредственный.
46. Торшин, С. П. Радиоэкология леса : учебник для вузов / С. П. Торшин, Г. А. Смолина. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 148 с. — Текст : непосредственный.
47. Федеральная целевая программа «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2010 года» : утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 29 августа 2001 г. № 637 (в ред. постановления Правительства РФ от 22 декабря 2006 г. № 793) // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2001. — № 36. — Ст. 3562. — Текст : непосредственный.
48. Федеральная целевая программа «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2015 года» : постановление Правительства РФ от 29 июня 2011 г. № 523 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2011. — № 28. — Ст. 4171. — Текст : непосредственный.
49. Федеральная целевая программа по защите населения Российской Федерации от воздействия последствий чернобыльской катастрофы на период до 2000 года: утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 28 августа 1997 г. № 1112 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 1997. — № 35. — Ст. 4088. — Текст : непосредственный.
50. Фокин, А. Д. Сельскохозяйственная радиология: учебник / А. Д. Фокин, А. А. Лурье, С. П. Торшин. — Москва: Проспект, 2017. — 352 с. — Текст : непосредственный.
51. Чернобыль: катастрофа, подвиг, уроки и выводы (к 10-летию катастрофы). — Москва: Интер-Весы, 1996. — 784 с. — Текст: непосредственный.

Глоссарий

АВАРИЯ – внезапное разрушение технических устройств или строительных сооружений или нарушение режима работы, либо течения каких-либо процессов. Часто авария создает угрозу жизни или здоровья человека, других живых существ и их сообществ (биогеоценозов), являясь экологически опасным событием.

АВАРИЯ В УИНДСКЕЙЛЕ – пожар на одном из двух реакторов завода по производству плутония-239 из урана-238 в г. Уиндскейле (Англия) в 1957 г., сопровождавшийся радиационным загрязнением территории Англии, Бельгии, ФРГ, Голландии, Дании и Норвегии.

АВАРИЯ НА АЭС Фукусима-1 — радиационная авария максимального, 7-го уровня по Международной шкале ядерных событий (INES), произошедшая 11 марта 2011 года в результате сильнейшего в истории Японии землетрясения и последовавшего за ним цунами. Затопление подвальных помещений, где располагались распределительные устройства, резервные генераторы и батареи, привело к полному обесточиванию станции и отказу систем аварийного охлаждения. Произошло расплавление ядерного топлива в реакторах энергоблоков № 1—3, накопление водорода и взрывы гремучей смеси. В окружающую среду попали, в основном, летучие радиоактивные элементы, объём выброса которых составил 20 % от выбросов Чернобыльской АЭС.

АВАРИЯ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ – взрыв в сентябре 1957 г. емкости с жидкими радиоактивными отходами на ПО «Маяк» в г. Кыштыме Челябинской области, который привел к радиоактивному загрязнению территорий Челябинской, Свердловской и Тюменской областей.

АВАРИЯ РАДИАЦИОННАЯ – событие, которое могло привести или привело к незапланированному облучению людей или к радиоактивному загрязнению окружающей среды, происшедшее в результате потери управления источником ионизирующего излучения, вызванное неисправностью оборудования, неправильными действиями персонала, стихийными бедствиями или иными причинами.

АВАРИЯ РАДИАЦИОННАЯ ГЛОБАЛЬНАЯ (А. г.) – выброс в окружающую среду радиоактивных продуктов АЭС, накопленных в активной зоне, в результате которого будут превышены дозовые пределы для запроектных аварий. При А. г. возможны острые лучевые поражения, она характеризуется длительным воздействием на здоровье населения, проживающего на большой территории и включающей более чем одну страну, а также длительным воздействием на окружающую среду. По Международной шкале событий на АЭС (МАГАТЭ) А. г. классифицируется под номером 7. Примером А. г. может служить авария на Чернобыльской АЭС в 1986 году.

АВАРИЯ РАДИАЦИОННАЯ ЗАПРОЕКТНАЯ – крайне редкие события, вероятность которых настолько мала, что проектом не предусматриваются штатные технические средства для их предотвращения. Для ликвидации

их последствий применяются в основном организационно-технические мероприятия федерального уровня.

АВАРИЯ РАДИАЦИОННАЯ ПРОЕКТНАЯ – авария, для которой проектом радиационно-опасного объекта определены исходные и конечные состояния радиационной обстановки и предусмотрены системы безопасности. При проектных авариях предусмотренные технические средства достаточны для предотвращения поступления радионуклидов в опасных количествах за пределы помещений радиационно-опасного объекта.

АККУМУЛЯЦИЯ (кумулятивный эффект) – накопление химического соединения в организме человека или животных, органах или тканях в результате воздействия его повторных доз; накопление эффектов от действия ионизирующего облучения организма.

АКТИВНАЯ ЗОНА – часть ядерного реактора, где происходит цепная реакция деления.

АКТИВНОСТЬ МИНИМАЛЬНО ЗНАЧИМАЯ (МЗА) – активность открытого источника ионизирующего излучения в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение органов Роспотребнадзора на использование этого источника.

АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДА – мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени; количество ядер, распадающихся в единицу времени. Единица активности в международной системе единиц (СИ) – Беккерель (Бк), распад одного атомного ядра в секунду. На практике чаще применяется внесистемная единица Кюри (Ки) равная $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

АЛАРА (ALARA) – принцип оптимизации радиационной защиты: настолько низко, насколько это разумно достижимо.

АЛЬФА-ИЗЛУЧЕНИЕ (α -излучение) — это вид ионизирующего излучения, представляющий собой поток положительно заряженных частиц — альфа-частиц. Альфа-частицы — это ядра атомов гелия, состоящие из двух протонов и двух нейтронов. Их заряд равен $+2e$, а масса примерно равна четырём атомным единицам массы.

АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ – загрязнение, возникающее в результате биологического существования и хозяйственной деятельности людей, в том числе их прямого или косвенного влияния на интенсивность природного загрязнения.

АНТРОПОГЕННЫЕ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ – поступления, связанные с деятельностью человека. К ним относятся радионуклиды, выбрасываемые при ядерных взрывах, работе предприятий ЯТЦ – ядерного топливного цикла (по добыче, транспортировке, обогащению, переработке ядерного сырья, получению энергии, хранению и захоронению радиоактивных отходов), потерях радиоизотопов, входящих в состав различных приборов, а также при авариях на любых ядерных объектах.

АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ – факторы окружающей среды, возникновение которых обусловлено деятельностью человека, вызывающие изменения природных комплексов.

АТОМНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ – электростанция, на которой ядерная (атомная) энергия преобразуется в электрическую, где тепло, выделяющееся в ядерном реакторе за счет деления атомных ядер, используется для получения водяного пара, вращающего турбогенератор.

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА РОССИИ – отрасль российской энергетики. Россия обладает технологией атомной энергетики полного цикла – от добычи урановых руд до выработки электроэнергии, а также значительными разведанными запасами руд и запасами в оружейном виде. На 11 АЭС России эксплуатируются 33 энергоблока суммарной установленной мощностью свыше 28,5 ГВт. Парк атомных энергоблоков включает: 23 блока с реакторами типа ВВЭР (из них: 1 - ВВЭР-ТОИ мощностью 1252 МВт, 4 - ВВЭР-1200, 13 – ВВЭР-1000 и 5 – ВВЭР-440); 7 блоков с канальными реакторами РБМК-1000; 2 блока с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым охлаждением (БН-600 и БН-800); а также 1 плавучий энергоблок (ПЭБ, с двумя реакторными установками типа КЛТ-40С электрической мощностью по 35 МВт). Суммарно они дают стране около 20 % от всего производимого в России электричества, более 215 млрд кВтч низкоуглеродной электроэнергии.

БЕЗОПАСНОСТЬ – особая характеристика предметов и событий, означающая отсутствие или существенное ограничение опасности. Экологическая безопасность – безопасность по отношению к природе.

БЕЗОПАСНОСТЬ В ЗОНЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ – состояние окружающей среды, при котором соблюдаются правовые нормы, выполняются основные санитарные правила и технические требования путем проведения организационных, технических и санитарно-гигиенических мероприятий, что максимально ослабляет или исключает распространение радиоактивных веществ на поверхности земли, в атмосфере, в воде либо на продуктах питания, фураже, пищевом сырье и различных предметах.

БЕЗОПАСНОСТЬ АТОМНОЙ СТАНЦИИ – свойство атомной станции при нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации, включая аварии, ограничивать радиационное воздействие на персонал, население и окружающую среду в установленных пределах.

БЕЗОПАСНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ РАДИАЦИОННАЯ – состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей, а также объектов окружающей среды от вредных воздействий ионизирующего излучения.

БЕЗОПАСНОСТЬ РАДИАЦИОННАЯ – условия, при которых облучение и радиоактивное загрязнение производственного персонала, населения и окружающей среды не превышают установленных основных дозовых пределов и допустимых уровней.

БЕККЕРЕЛЬ (Бк) – единица измерения активности радионуклида, равная одному ядерному превращению в секунду.

БЕТА-ИЗЛУЧЕНИЕ (β -излучение) – электронное или позитронное корпускулярное ионизирующее излучение с непрерывным энергетическим спектром, испускаемое при ядерных превращениях. Известно около 1500 бета-радиоактивных изотопов. Большое количество их образуется при ядерном взрыве и во время работы ядерных реакторов. При внешнем облучении организма поражает лишь поверхностные ткани, опасно при попадании изотопов внутрь организма.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДВИЖНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ – способность радионуклида избирательно накапливаться живыми организмами и перемещаться в пищевых цепях.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕПОЧКА – естественные пути миграции радионуклидов в биосфере, ведущие к поступлению их из внешней среды в живые организмы.

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ПЕРИОД ПОЛУВЫВЕДЕНИЯ – время, в течение которого концентрация радионуклида снижается вдвое в результате процессов метаболизма и физического распада.

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭКВИВАЛЕНТ РЕНТГЕНА (БЭР) – доза любого вида ионизирующего излучения, вызывающая эффект, эквивалентный эффекту поглощения одного рентгена электромагнитного (рентгеновского или X) излучения, внесистемная единица эквивалентной дозы, равен приблизительно 0,01 Зв.

БИОЦЕНОЗ (bios – жизнь, kionos – сообщество) – совокупность живых организмов, населяющих определенный биотоп (растения, грибы, животные и микроорганизмы) и имеющая определенный состав и сложившийся характер взаимоотношений как между ее компонентами, так и со средой. Термин введен К. Мебиусом (1877). Как правило, имеется в виду принадлежность биоценоза одному биогеоценозу и биотипу.

БОЁВКА – брезентовая роба пожарного.

ВЕЩЕСТВА РАДИОАКТИВНЫЕ – вещества, содержащие естественные или искусственные радиоактивные изотопы. В больших количествах образуются при ядерных взрывах и работе ядерных реакторов.

ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКИЙ РАДИАЦИОННЫЙ СЛЕД (ВУРС) – территория в Челябинской, Курганской, Свердловской и Тюменской областях с повышенным антропогенным радиационным фоном, образовавшимся в результате аварии на Южном Урале, а также ветрового разноса радиоактивных отходов с пересохшей прибрежной линии открытых водоемов-отстойников в 1967 г. Площадь ВУРСа около 1 300 км².

ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ (ВОЗ) – международная межправительственная организация, играющая ведущую роль в системе ООН при решении проблем здравоохранения, возникающих при чрезвычайных ситуациях. Создана в 1946 г., Штаб-квартира ВОЗ расположена в Женеве. Членами ВОЗ являются 184 государства, в т. ч. Россия.

ВСЕРОССИЙСКИЙ ЦЕНТР ЭКСТРЕННОЙ И РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ МЧС РОССИИ (ВЦЭРМ МЧС России) – лечебно-диагностическое, научно-исследовательское и образовательное учреждение, созданное для совершенствования практической и научно-методической деятельности по медицинскому обеспечению пострадавших от радиационных и других аварий и катастроф и оказания специализированной помощи при заболеваниях и неотложных состояниях. Образован в 1997 г. в Санкт-Петербурге.

ВЫПАДЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ – процесс осаждения из воздушной среды радиоактивных продуктов в виде пыли, дыма, росы и дождя на земную и водную поверхности. Радиоактивные выпадения имеют различный химический, фазовый и изотопный составы, для исследования и контроля, против которых проводятся мониторинг, пылеподавление и дезактивация.

ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕ – электромагнитное (фотонное) ионизирующее излучение.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ВЫПАДЕНИЯ – радиоактивные осадки, образовавшиеся при ядерных испытаниях в атмосфере и распространившиеся по всей планете.

ГОРЯЧИЕ ЧАСТИЦЫ – это твёрдые высокорadioактивные микрочастицы, которые образуются в результате ядерных процессов или аварий. Они обладают высокой удельной активностью, что делает их потенциально опасными для окружающей среды и здоровья человека.

ГОССАНЭПИДНАДЗОР (в настоящее время Роспотребнадзор) – система динамического комплексного наблюдения государственными органами санэпидслужбы за обеспечением санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

ГРЕЙ (Гр) – единица поглощенной дозы: энергия ионизирующего облучения, поглощенная облучаемым телом (тканями организма), в пересчете на единицу массы. $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад} = 100 \text{ Р}$.

ГРУППА РИСКА – социальная группа населения, на которую оказано (или может быть оказано) наибольшее воздействие неблагоприятными факторами среды обитания (имеет или может иметь критическое отклонение состояния здоровья от контрольного уровня).

ДЕЗАКТИВАЦИЯ – удаление радиоактивных веществ (РВ) с поверхностей оборудования, техники, вещевого имущества, средств защиты, продовольствия, местности, сооружений, а также из воды, снижение уровня их радиоактивного загрязнения, включая организм человека.

ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ ЭФФЕКТЫ – эффекты облучения, имеющие порог дозы (лучевая болезнь, ожоги).

ДОЗА – количество или концентрация нежелательного вещества или энергии. Мера количества вещества, полученного организмом человека или животного.

ДОЗА АВАРИЙНАЯ – поглощённая доза, получаемая в условиях заведомого превышения максимально допустимого значения дозы излучения при выполнении аварийно-спасательных работ, например, по спасению персонала или ценного имущества.

ДОЗА ОБЛУЧЕНИЯ – мера действия излучений, ионизирующего в какой-либо среде. Различают поглощённую, эквивалентную и эффективную дозу облучения.

ДОЗА ПОРОГОВАЯ – наименьшая доза, вызывающая изменения на уровне организма, выходящие за пределы физиологических реакций.

ДОЗА ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМАЯ (ПДД) – максимальное количество вредного агента, проникновение которого в организмы или их сообщества еще не оказывает на них пагубного влияния. Устанавливаются ПДД единовременные и за определенное время (час, день, рабочую неделю и т. д.).

ДОЗА СМЕРТЕЛЬНАЯ – доза количества вредных веществ или энергии, вызывающая смертельный исход.

ДОЗА ЭКВИВАЛЕНТНАЯ – величина, используемая как мера риска возникновения отдалённых последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учётом их радиочувствительности. Представляет собой сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты для данных органов (коэффициенты радиационного риска, КР). Измеряется в зивертах (Зв).

ДОЗА ЭФФЕКТИВНАЯ – величина, используемая как мера риска возникновения отдалённых последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Представляет собой сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты. Единица эффективной дозы – зиверт (Зв).

ДОЗА ЭФФЕКТИВНАЯ (ЭКВИВАЛЕНТНАЯ) ГОДОВАЯ – сумма эффективной (эквивалентной) дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной (эквивалентной) дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же год. Единица годовой эффективной дозы – зиверт (Зв).

ДОЗА ЭФФЕКТИВНАЯ КОЛЛЕКТИВНАЯ – мера коллективного риска возникновения стохастических эффектов облучения; она равна сумме индивидуальных эффективных доз. Единица эффективной коллективной дозы – человеко-зиверт (чел.-Зв).

ДОЗИМЕТР – прибор для измерения суммарной дозы ионизирующего излучения, полученной человеком за время пребывания на радиоактивно загрязнённой местности.

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ – комплекс организационных и технических мероприятий по определению доз облучения людей, проводимых с целью количественной оценки эффекта воздействия на них ионизирующих излучений.

ДОЗОВЫЙ КРИТЕРИЙ – значение дозы облучения, используемое для принятия решений о защитных мерах.

ДОЗЫ РАДИАЦИИ – количество энергии, переданной излучением веществу (неживому или живой ткани). Так как имеются существенные различия между действием радиации на неживое и живое вещество, а также реакциями различных органов и тканей на разные виды излучения, то принято различать несколько разновидностей доз: экспозиционная, поглощенная, эквивалентная, эффективная эквивалентная, коллективная эффективная эквивалентная.

ДОЛГОЖИВУЩИЕ РАДИОНУКЛИДЫ – радионуклиды, периоды полураспада которых измеряются в годах и более крупных временных единицах. К таким радионуклидам относятся, например: ^3H ($T_{1/2}$ – 12,34 года), ^{22}Na – 2,6 года, ^{40}K – $1,28 \times 10^9$ лет, ^{90}Sr – 28 лет, ^{14}C – 5 730 лет, ^{137}Cs – 30 лет, ^{235}U – $2,4 \times 10^9$ лет, ^{238}U – $4,7 \times 10^9$ лет и др.

ДОПУСТИМОЕ РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ – радиоактивное загрязнение, устанавливаемое на уровне, не допускающем внешнего и внутреннего облучения людей за счёт радиоактивного загрязнения выше предельно допустимой дозы (или предела дозы), а также предупреждающем загрязнение помещений и территории.

ЕДИНАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ (ЕГАСКРО) – система, объединяющая ведомственные службы и сети радиационного контроля и мониторинга в единую систему на основе автоматизации процессов сбора, передачи и анализа информации о состоянии радиационной обстановки на территории Российской Федерации, а также прогноза в этой области с целью поддержки деятельности органов государственного управления всех уровней по обеспечению радиационной безопасности на территории РФ.

ЕДИНАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ (ЕГАСМРО) – система, направленная на совершенствование Государственного контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации и приведение в его соответствие с современными требованиями, представленными в Программном документе «Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2010 года и дальнейшую перспективу», утвержденным Президентом Российской Федерации 4 декабря 2003 г.

ЕМКОСТЬ ПОГЛОЩЕНИЯ ПОЧВЫ – способность почвы связывать радионуклиды и удерживать их от миграции. Этот показатель характеризует физико-химическую поглотительную способность почвы и является одной из основных характеристик почвенного поглощающего комплекса (ППК).

ЕСТЕСТВЕННЫЙ РАДИОАКТИВНЫЙ ФОН – доза излучения, создаваемая космическим излучением и излучением радионуклидов, естественно распределённых в земле, воде, воздухе и других элементах биосферы, пищевых продуктах в организме человека (см. излучение ионизирующее).

ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЕ – совокупность мероприятий, необходимых для создания условий сохранения жизни, здоровья и работоспособности людей в определенных обстоятельствах.

ЗАВИСИМОСТЬ «ДОЗА – ЭФФЕКТ» – зависимость между дозой и величиной непрерывного эффекта у индивидуума или в популяции, представляющего биологическое изменение, измеренное в градуированной шкале тяжести (степени выраженности).

ЗАГРЯЗНЕНИЕ – привнесение в среду или возникновение новых, обычно не характерных для нее физических, химических или биологических агентов, превышение в рассматриваемое время естественного среднего-летнего уровня концентраций агентов в среде.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ РАДИОАКТИВНОЕ – загрязнение поверхности земли, атмосферы, воды либо продовольствия, пищевого сырья, кормов и различных предметов радиоактивными веществами в количествах, превышающих уровень, установленный нормами радиационной безопасности и правилами работы с радиоактивными веществами. Происходит при ядерном взрыве, разрушении радиационно-опасных объектов или авариях на этих объектах.

ЗАЩИТА РАДИАЦИОННАЯ – комплекс организационных, инженерно-технических и специальных мероприятий по предупреждению и ослаблению воздействия ионизирующих излучений на жизнь и здоровье людей, сельскохозяйственных животных, состояние растений, окружающей среды.

ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ ПРИ РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ – совокупность защитных мероприятий в отношении населения и персонала при аварии радиационной, сопровождающейся выбросом радиоактивных веществ в окружающую среду. Они включают: оповещение; укрытие; использование профилактических лекарственных средств; регулирование доступа в зону аварии и выхода из нее; использование средств индивидуальной защиты; специальную санитарную обработку людей; лечебно-эвакуационные мероприятия; эвакуацию и переселение населения; эвакуацию персонала; санитарно-гигиенический контроль за питанием, водоснабжением, размещением населения и др.

ЗДОРОВЬЕ – состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов (из Устава ВОЗ).

ЗИВЕРТ (Зв) – единица эквивалентной дозы. $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр}$ при облучении бета и/или гамма-лучами.

ЗИМА ЯДЕРНАЯ – модельно прогнозируемое резкое и длительное общеземное похолодание, могущее возникнуть в случае войны с применением термоядерного оружия. Механизм её возникновения – экранирование поверхности планеты от прихода солнечного излучения. Глобальная экологическая катастрофа, ведущая к самоуничтожению человека.

ЗОНА НАБЛЮДЕНИЯ – территория, где возможно влияние радиоактивных сбросов и выбросов учреждения или предприятия. В зоне наблюдения проводится радиационный контроль.

ЗОНА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ – территория с находящимися на ней населёнными пунктами и отдельными объектами, на которой техногенный радиационный фон превышает уровни, установленные компетентными органами. В зависимости от степени радиоактивного загрязнения различают зоны умеренного (до 5 Ки/км²), сильного (до 15 Ки/км²), опасного (до 25 Ки/км²), чрезвычайно опасного (свыше 25 Ки/км²), отчуждения (свыше 40 Ки/км²).

ЗОНА РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ – территория, где уровни облучения населения или персонала, обусловленные аварией, могут превысить пределы доз, установленные для нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения.

ЗОНА РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ (аналогична зоне свободного контроля на АЭС) – территория радиационно-опасного объекта, на которой размещаются здания и сооружения, непосредственно обеспечивающие работы с источниками ионизирующих излучений (ИИИ), и где уровень облучения людей при безаварийной работе объекта может достигать предела дозы для лиц, которые непосредственно работают с ИИИ (персонал группы Б).

ИЗЛУЧЕНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕЕ – квантовое (электронно-магнитное) или корпускулярное (состоящее из элементарных частиц) излучение, под воздействием которого в среде из нейтральных атомов и молекул образуются положительно или отрицательно заряженные частицы – ионы. Квантовое (ультрафиолетовое, рентгеновское и гамма-излучение), корпускулярное (альфа-излучение, потоки протонов, позитронов и других частиц), природное (космическое, излучение радиоактивных веществ Земли), искусственное (ядерные взрывы, ядерные реакторы, ускорители заряженных частиц, рентгеновские аппараты). Является одним из поражающих факторов ядерного оружия.

ИЗМЕРИТЕЛИ МОЩНОСТИ ДОЗЫ – рентгенометры, приборы для измерения мощности экспозиционной или поглощённой дозы ионизирующего излучения. Применяется для обнаружения радиоактивного загрязнения местности и оценки радиационной обстановки с целью прогнозирования доз облучения людей, загрязнения техники, продуктов питания, воды и др. Могут быть носимыми (ДП-5В, ИМД-1), бортовыми (ДП-3Б, ИМД-21Б, БА), стационарными (ИМД-21С, СА, Р), авиационными (ИМД-31, ИМД-35, РАП-10).

ИНЕС (INES) – международная шкала ядерных событий. Была введена в 1990г. совместно с Международным агентством по ядерной энергии (МАГАТЭ) и Агентством по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития (АЯЭ ОЭСР). Ее главная цель – облегчить связь и взаимопонимание между специалистами атомной промышленности, средствами массовой информации и общественностью по поводу значимости с точки зрения безопасности событий (происшествий), случающихся на ядерных установках. Шкала была уточнена в 1992 г. в свете накопленного опыта и расширена для применения к любым событиям, связанным с радиоактивными

материалами и/или радиацией, в том числе с транспортировкой таких материалов. В рамках этой шкалы события классифицируются по семи уровням: в верхних уровнях (4–7) они называются «авариями», а нижних уровнях (1–3) – «инцидентами». События, не существенные с точки зрения безопасности, классифицируются ниже шкалы уровнем 0 и называются «отклонениями».

ИОНИЗАЦИЯ – распад нейтральных частиц на положительно и отрицательно заряженные ионы, который может происходить под действием ионизирующей радиации.

ИОНИЗИРУЮЩАЯ РАДИАЦИЯ – поток электромагнитной и/или корпускулярной энергии с энергией квантов или частиц, сравнимой с энергией внутриатомных, внутримолекулярных связей, способный вызывать ионизацию вещества и обладающий проникающей способностью.

ИСТОЧНИКИ РАДИАЦИИ – по происхождению все современные источники радиации делятся на две большие группы: природные, т. е. не связанные с деятельностью человека, и антропогенные, обязанные своим появлением человеку. При этом между природными и искусственными радионуклидами нет принципиальных различий, так как их свойства не зависят от способа образования.

ЙОДНАЯ ПРОФИЛАКТИКА – прием стабильного йода для блокировки накопления радиоактивного йода щитовидной железой.

КАЧЕСТВО ЖИЗНИ – совокупность условий, обеспечивающих (или не обеспечивающих) комплекс здоровья человека – личного и общественного, т. е. соответствие среды жизни человека его потребностям, интегрально отражаемое средней продолжительностью жизни, мерой здоровья людей и уровнем их заболеваемости (физической и психической), стандартизованных для данной группы населения.

КАТЕГОРИЯ А облучаемых лиц (персонал) – лица, которые постоянно или временно работают непосредственно с источниками ионизирующего излучения.

КАТЕГОРИЯ Б облучаемых лиц – лица, которые не работают непосредственно с источниками ионизирующего излучения, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могут подвергаться воздействию радиоактивных веществ.

КАТЕГОРИЯ В облучаемых лиц (население) – все остальное население страны, республики, края, области, района, города (кроме категорий А и Б).

КОГНИТИВНЫЙ ДИССОНАНС – психологический конфликт, вызванный противоречивой информацией о радиационной опасности.

КОРОТКОЖИВУЩИЕ РАДИОНУКЛИДЫ – условное обозначение сборной группы радионуклидов, период полураспада которых измеряется сроками от долей секунды до года. К ним относят, например: ^{89}Sr (период полураспада $T_{1/2} = 50,5$ сут.), ^{131}I – 8,04 сут., ^{24}Na – 15 ч, ^{134}Cs – 3 ч, ^{238}Am – 98 мин, ^{11}C – 20,4 мин, ^{219}Fr – 21 мс и др.

КОЭФФИЦИЕНТ КАЧЕСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ – численный коэффициент, отражающий способность данного вида излучения повреждать ткани организма. Максимальный коэффициент у α -лучей равен 20, минимальный – у β - и γ -лучей – 1.

КОЭФФИЦИЕНТ НАКОПЛЕНИЯ / ДИСКРИМИНАЦИИ (КН/КД) – отношение содержания радионуклида в единице массы организма к содержанию этого же нуклида в единице массы организмов предыдущего трофического уровня (для сельскохозяйственных пастбищных животных – в травяной растительности).

КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРЕХОДА (Кп) – отношение удельной активности радионуклида в растении (животном) к плотности загрязнения почвы.

КРАТНОСТЬ НАКОПЛЕНИЯ (F) – коэффициент, который применяют при длительном (хроническом) поступлении радиоактивных веществ в организм животного. Он представляет собой отношение содержания радионуклида в органе или ткани к ежесуточному поступлению этого нуклида в организм: $F = CM/Q$, где C – концентрация радионуклида в органе или ткани, Бк/кг; M – масса органа или ткани, г; Q – количество радионуклида, поступающего в организм животных ежедневно, Бк.

КРИТИЧЕСКИЕ ОРГАНЫ – 1) органы, наиболее чувствительные к ионизирующей радиации, поражение которых приводит к гибели организма. Это связано с тем, что именно на этих органах быстрее всего сказываются последствия облучения. Критическими органами в организме млекопитающих являются: красный костный мозг, легкие и молочные железы. При дозах облучения 2,5 Зв средняя смертность составляет 5% облученных, при дозе 10 Зв – 100% (продолжительность жизни несколько суток); 2) часть тела, органы, облучение которых может принести наибольший ущерб здоровью не самого человека, а его потомкам (яичники и семенники).

КЮРИ – внесистемная единица измерения радиоактивности, равная 37 миллиардам ($3,7 \cdot 10^{10}$) Беккерелям.

ЛАТЕРАЛЬНАЯ МИГРАЦИЯ – горизонтальное перемещение радионуклидов под действием эрозии, поверхностного стока.

ЛД_{50/30} – летальная доза, вызывающая гибель пятидесяти процентов особей в облученной популяции. Критерий ЛД_{50/30} свидетельствует о том, что при определенной дозе облучения половина исследуемых биологических объектов гибнет, а другая остается в живых, т. е. можно говорить об индивидуальных различиях радиорезистентности внутри однородной популяции. Число 30 означает, что при определении радиочувствительности большинства млекопитающих ограничиваются определением выживаемости животных к 30-му дню после облучения. Этот срок выбран в связи с тем, что острый период лучевой болезни у млекопитающих обычно заканчивается в первый месяц после радиационного воздействия.

ЛУЧЕВАЯ БОЛЕЗНЬ — заболевание, возникающее в результате воздействия различных видов ионизирующих излучений, и характеризующаяся

симптомокомплексом, зависящим от вида поражающего излучения, его дозы, локализации источника радиоактивных веществ, распределения дозы во времени и теле человека. У человека лучевая болезнь может быть обусловлена внешним облучением и внутренним — при попадании радиоактивных веществ в организм с вдыхаемым воздухом, через желудочно-кишечный тракт или через кожу и слизистые оболочки, а также в результате инъекции. Общие клинические проявления лучевой болезни зависят, главным образом, от полученной суммарной дозы радиации. Дозы до 1 Гр вызывают относительно лёгкие изменения, которые могут рассматриваться как состояние предболезни. Дозы свыше 1 Гр вызывают костномозговую или кишечную формы лучевой болезни различной степени тяжести, которые зависят главным образом от поражения органов кроветворения. Дозы однократного облучения 2,5–3 Гр могут привести к смерти, а свыше 10 Гр считаются абсолютно смертельными.

ЛУЧЕВОЕ ПОРАЖЕНИЕ – см. лучевая болезнь.

МИНИМАЛЬНАЯ АБСОЛЮТНО СМЕРТЕЛЬНАЯ ДОЗА ОБЛУЧЕНИЯ – наименьшая доза, при которой наблюдают гибель 100% облученных за определенный срок (обычно за 30 суток после облучения). Для человека это 10 Зв.

МКРЕИ – Международная комиссия по радиационным единицам и измерениям.

МОБИЛЬНЫЕ ФОРМЫ РАДИОНУКЛИДОВ – химически доступная фракция, способная к миграции по пищевым цепочкам.

МОНИТОРИНГ – система долгосрочных наблюдений, оценки, контроля и прогноза состояния и изменения объектов. Принято делить на базовый (фоновый), глобальный, региональный и локальный (в особо опасных зонах и местах), а также по методам ведения и объектам наблюдения (авиационный, космический) окружающей человека среды.

МОЩНОСТЬ (интенсивность) ДОЗЫ – отношение приращения дозы за интервал времени к этому отрезку времени.

НЕПОСРЕДСТВЕННЫЕ ЭФФЕКТЫ ОБЛУЧЕНИЯ – эффекты, развивающиеся в период, непосредственно следующий за облучением, и вызванные прямым действием радиации на реагирующие органы и ткани. К ним относятся: подавление клеточного деления, реакция нервной системы и лучевая болезнь.

НКДАР ООН – Научный комитет по действию атомной радиации Организации Объединенных Наций, созданный в 1955 г. решением Генеральной ассамблеи ООН.

НРБ (нормы радиационной безопасности) – основной документ, регламентирующий допустимые дозы. В настоящее время действуют **НРБ-99 2009** (СанПиН 2.6.1.2523-09) и являются обязательными для всех работодателей.

НУКЛИД – изотоп какого-либо элемента, характеризующийся определенным суммарным количеством и соотношением протонов и нейтронов (иногда также определенным энергетическим состоянием ядра).

ОБЛУЧЕНИЕ— воздействие ионизирующего излучения на какой-либо материал.

ОБОГАЩЕНИЕ — процесс, приводящий к увеличению доли определенного изотопа какого-либо элемента.

ОТРАБОТАННОЕ ТОПЛИВО — ядерное топливо, в котором накопились продукты распада, поглощающие нейтроны, в таком количестве, что они препятствуют протеканию цепной реакции.

ПЕРИОД ПОЛУРАСПАДА— время, за которое распадается половина ядер какого-либо радиоизотопа.

ПЛОТНОСТЬ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ - (кБк/м², Ки/км²) – активность радионуклида на единицу площади (соотношение между Ки и Бк: 1 Ки = 3,7*10¹⁰ Бк).

ПОГЛОЩЕННАЯ ДОЗА— количество энергии, полученное при облучении единицы массы поглотителя. Единица в системе СИ — грей, обозначение — Гр, 1 Гр = 1 Дж/кг.

ПОЛЕССКАЯ НИЗМЕННОСТЬ – природный регион в бассейне р. Припять с почвами легкого гранулометрического состава.

ПРОДУКТ ЯДЕРНОГО ДЕЛЕНИЯ — нуклид (радиоактивный или стабильный), образующийся непосредственно в результате реакции ядерного деления или последующего распада первичных осколков деления.

РАД — внесистемная единица поглощенной дозы; 1 рад = 00 эрг/г = 0,01 Дж/кг = 0,01 Гр.

РАДИОАКТИВНОСТЬ — испускание ядрами неустойчивых атомов элементарных частиц, других ядер или электромагнитного излучения.

РАДИОАКТИВНЫЕ ВЫПАДЕНИЯ — выпавшие на поверхность Земли радиоактивные частицы, обусловленные ядерными взрывами или авариями, выброшенные в атмосферу или поднятые с загрязненной поверхности суши.

РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ – система наблюдений за радиационной обстановкой и содержанием радионуклидов в объектах внешней среды.

РАДИОАКТИВНЫЙ РАСПАД – самопроизвольное превращение нестабильных ядер с испусканием ионизирующего излучения.

РАДИОАКТИВНЫЙ СЛЕД – территория, загрязненная после ядерного взрыва или аварии на ядерно-, радиационно-опасном объекте

РАДИОАКТИВНЫЙ ФОН – уровень ионизирующего излучения от природных и техногенных источников.

РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ (РАО) – материалы и вещества, содержащие радионуклиды и не подлежащие дальнейшему использованию.

РАДИОБИОЛОГИЯ — наука об использовании, применении и воздействии радиоактивности на биологические системы. Радиогенный — радиационного происхождения.

РАДИОФОБИЯ – патологический страх перед радиацией, не соответствующий реальному риску.

РАДИОЭКОЛОГИЯ — наука, изучающая влияние ионизирующего излучения на живые организмы, их сообщества (биоценозы) и экосистемы. Она исследует закономерности накопления и миграции радионуклидов (радиоактивных веществ) в биосфере, а также воздействие ионизирующих излучений на биоту, включая человека.

РБМК (реактор большой мощности, кипящий) — отечественный водографитовый, канальный реактор, охлаждаемый кипящей водой с графитовым замедлителем.

РЕАБИЛИТАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ – комплекс мер по снижению доз облучения населения и восстановлению хозяйственной деятельности.

РЕГЕНЕРАЦИЯ — восстановление организмом утраченных или поврежденных органов и тканей.

РЕГУЛИРУЮЩИЕ СТЕРЖНИ — стержни, поглощающие нейтроны, для регулирования мощности реактора.

РЕСПУБЛИКАНСКИЕ ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ (РДУ) – нормативы содержания радионуклидов в продукции (в Республике Беларусь).

РЕФЕРЕНТНЫЕ УРОВНИ – дозы или активности, принятые как целевые для перевода территории к условиям нормальной жизнедеятельности.

РЫЖИЙ ЛЕС – участок хвойного леса вблизи ЧАЭС, погибший от острого облучения (дозы 80 – 100 Гр).

САРКОФАГ (объект Укрытие) – инженерное сооружение над разрушенным 4-м энергоблоком ЧАЭС для изоляции выбросов.

СИЧ (спектрометр излучения человека) – устройство для измерения содержания гамма-излучающих радионуклидов в теле человека.

СОРБЦИЯ — общий термин для процессов адсорбции, абсорбции и персорбции, в т.ч. радионуклидов из раствора твердой фазой почв.

СТОХАСТИЧЕСКИЙ — вероятностный, относящийся к случайным переменным (рак, наследственные болезни), не имеющий порога.

СТРАТОСФЕРНЫЕ ВЫПАДЕНИЯ – глобальные выпадения продуктов ядерных взрывов, задержавшихся в стратосфере.

СТРОНЦИЙ-90 (^{90}Sr) –долгоживущий радионуклид химического элемента стронция с атомным номером 38 и массовым числом 90. Это искусственный изотоп, который образуется преимущественно при делении ядер в ядерных реакторах и при применении ядерного оружия. Период полураспада около 28,8 лет.

ТЕПЛОВЫВОДЯЩИЙ ЭЛЕМЕНТ (ТВЭЛ) — металлический стержень или трубка, содержащие ядерное топливо, или комплект таких стержней в сборке.

ТРАНСГРАНИЧНЫЙ ПЕРЕНОС – перемещение радиоактивного облака через государственные границы.

ТРАНСУРАНОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ – элементы с атомным номером >92 (плутоний, америций и др.).

УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ – активность на единицу массы или объема (Бк/кг, Бк/л).

ФЕРРОЦИНСОДЕРЖАЩИЕ ПРЕПАРАТЫ – сорбенты в состав которых входит калий-железо гексацианоферрат. Они применяются для связывания в желудочно-кишечном тракте и выведения из организма радиоактивных изотопов цезия, рубидия и таллия, а также для профилактики их накопления.

ЦЕЗИЙ-137 (^{137}Cs) – основной долгоживущий радионуклид с периодом полураспада 30,1 года.

ЧЕЛОВЕКО-ЗИВЕРТ — единица коллективной эффективной эквивалентной дозы, полученной путем умножения средней эффективной эквивалентной дозы на число людей, подвергшихся облучению.

ЭКВИВАЛЕНТНАЯ ДОЗА — поглощенная доза, умноженная на коэффициент, отражающий способность данного вида излучения повреждать органы или ткани организма. Единица СИ — зиверт, обозначение — Зв.

ЭКОСИСТЕМА — единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания с соответствующими физическими условиями жизнедеятельности.

ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА — эквивалентная доза, умноженная на коэффициент, учитывающий разную чувствительность различных тканей и органов к облучению; отражает суммарный эффект облучения для организма.

ЯДЕРНОЕ ТОПЛИВО — радиоактивный материал, например ^{235}U , претерпевающий реакцию ядерного деления, в соответствующем виде, пригодном для использования в ядерном реакторе.

ЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ СЛЕД – территория, загрязнённая радионуклидами от выброса в результате аварии на ЧАЭС.

ЭФФЕКТ СКРИНИНГА – кажущееся повышение заболеваемости за счёт усиленной диагностики среди наблюдаемой когорты.

ЭФФЕКТИВНЫЙ ПЕРИОД ПОЛУОЧИЩЕНИЯ – время снижения активности в корнеобитаемом слое почвы за счёт распада и вертикальной миграции.

«ЯДЕРНЫЙ ЗАГАР» – глубокое поражение кожи при контакте с радиоактивными веществами (термический ожог + β -ожог).

Обозначения и сокращения

АИУС РСЧС – Автоматизированная информационно-управляющая система для обеспечения деятельности РСЧС

АПК – агропромышленный комплекс

АЭС – атомная электростанция

БСК – болезни системы кровообращения

БТПРМ – базовая территориальная подсистема радиационного мониторинга

ВДУ – временно допустимый уровень содержания радионуклидов в продукции

ВНИИАЭС – Всесоюзный научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций

ВНИИРАЭ – Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии (в настоящее время - Курчатовский комплекс радиологии и агроэкологии НИЦ «Курчатовский институт»)

ВРР – Всесоюзный распределённый регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на ЧАЭС

ВЦЭРМ – Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины (им. А.М. Никитина) МЧС России)

ГИАЦ – главный информационно-аналитический центр

Госагропром – Государственный агропромышленный комитет СССР

Гр (грей) - единица поглощённой дозы ионизирующего излучения. Поглощённая доза равна одному грею, если в результате поглощения ионизирующего излучения вещество получило один джоуль энергии в расчёте на один килограмм массы: $\text{Гр} = \text{Дж/кг}$.

ЕФБД – единая федеральная база данных (НРЭР)

ЕФИС ЗСН – Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения

ЗНО – злокачественные новообразования

ИАЭ – Институт атомной энергии им. Курчатова

ИБФ – Институт биофизики Минздрава СССР

ИПЗ – интегральный показатель загрязнения почвы

Ки (кюри) – внесистемная единица измерения активности радионуклида (радиоактивности вещества). 1 кюри равен активности радионуклида, в котором за 1 секунду происходит $3,7 \times 10^{10}$ актов радиоактивного распада.

КИП-5 – кислородно-изолирующий противогаз (модель)

КП – коэффициент перехода (радионуклидов)

КРС – крупный рогатый скот

КСМ-ЗН – комплексная система мониторинга за состоянием защиты населения

МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии

Минсредмаш – Министерство среднего машиностроения СССР

МКРЗ – Международная комиссия по радиологической защите

мР/ч (миллирентген в час) — единица измерения мощности экспозиционной дозы ионизирующего излучения. Экспозиционная доза — мера ионизирующего действия рентгеновского или гамма-излучения, определяемая по ионизации воздуха. $1[\text{мР/ч}] = 10 \text{ мкЗв/час}$.

МРНЦ — Медицинский радиологический научный центр (им. А.Ф. Цыба)

мЗв/ч (миллизиверт в час) - единица измерения дозы облучения: эффективная эквивалентная доза, полученная организмом за определённый промежуток времени.

НКРЗ — Национальная (ранее — Научная) комиссия по радиационной защите

НРЭР — Национальный радиационно-эпидемиологический регистр

ОСП — основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами

ПРН — пределы недопустимого экологического риска (для биоты)

ПТСР — посттравматическое стрессовое расстройство

РГМДР — Российский государственный медицинский дозиметрический регистр

РЗТ — радиоактивно загрязнённые территории

РИАЦ — региональный информационно-аналитический центр

РМЖ — рак молочной железы

РНКРЗ — Российская научная комиссия по радиационной защите

РНПЦ РМиЭЧ — Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека (Минздрав Беларуси)

РОО — радиационно-опасный объект

РСЧС — Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций

РЩЖ — рак щитовидной железы

СВПЧ-6 — специализированная военизированная пожарная часть № 6 (г. Припять)

СГЭД — средняя годовая эффективная доза (облучения)

СИЧ — спектрометр излучения человека (установка для измерения содержания радионуклидов в теле)

СППР — система поддержки принятия решений

СПЧ-2 — специализированная пожарная часть № 2 (охрана ЧАЭС)

ТАСКРО — территориальная автоматизированная система контроля радиационной обстановки

ФАО — Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН

ФМБА — Федеральное медико-биологическое агентство

ЦК КПСС — Центральный комитет Коммунистической партии Советского Союза

ЧАЭС — Чернобыльская атомная электростанция

ЕС — Европейская комиссия (European Commission)

IAEA — International Atomic Energy Agency (МАГАТЭ)

ICRP — International Commission on Radiological Protection (МКРЗ)

INSAG — Международная консультативная группа по ядерной безопасности

UNSCEAR — United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (НКДАР)

Список авторов

- Воронов Сергей Иванович**, Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», главный научный сотрудник, заместитель председателя межведомственного научно-экспертного совета - группа экспертов «Глобальный климат и рациональное природопользование: нуль-эмиссия и нуль-деградация» межведомственной рабочей группы при Администрации Президента Российской Федерации по вопросам, связанным с изменением климата и обеспечением устойчивого развития, член-корреспондент РАН, vsi08@mail.ru
- Иванов Андрей Леонидович**, Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», научный руководитель Центра, академик РАН, председатель межведомственного научно-экспертного совета - группа экспертов «Глобальный климат и рациональное природопользование: нуль-эмиссия и нуль-деградация» межведомственной рабочей группы при Администрации Президента Российской Федерации по вопросам, связанным с изменением климата и обеспечением устойчивого развития, ivanov_al@esoil.ru
- Большов Леонид Александрович**, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, научный руководитель, академик РАН, pbl@ibrae.ac.ru
- Лобачевский Яков Петрович**, Российская академия наук, и.о. академика-секретаря Отделения земледелия, растениеводства и агроинженерии, академик РАН, svodagro@mail.ru
- Багиров Вугар Алиевич**, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, директор Департамента координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, bagirovva@minobrnauki.gov.ru
- Козлов Даниил Николаевич**, Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», и.о. директора, кандидат географических наук, kozlov_dn@esoil.ru
- Романенко Геннадий Алексеевич**, Российская академия наук, член президиума, академик РАН, svodagro@mail.ru
- Фесенко Сергей Викторович**, Курчатовский комплекс радиологии и агроэкологии НИЦ «Курчатовский институт», главный научный сотрудник, профессор, доктор биологических наук, corwin_17f@mail.ru
- Апарин Борис Федорович**, Центральный музей почвоведения имени В.В. Докучаева – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального исследовательского центра «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», научный руководитель музея, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, soilmuseum@bk.ru

- Бакуменко Лидия Сергеевна**, Агрохимическая служба России, директор, кандидат экономических наук, ls.bakumenko@rosah.ru
- Беляев Александр Иванович**, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, директор, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН, info@vfanc.ru
- Болотов Андрей Геннадьевич**, Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», и.о. первого заместителя директора, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, bolotov@esoil.ru
- Вильфанд Роман Менделевич**, Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации, научный руководитель центра, доктор технических наук, r.vilfand@meteorf.ru
- Воронов Олег Сергеевич** – МЧС России, Главное управление «Национальный центр управления в кризисных ситуациях», заместитель начальника, кандидат технических наук, o.s.voronov@yandex.ru
- Гаврилов Сергей Иванович**, «Институт безопасного развития атомной энергетики РАН», заведующий лабораторией, gav@ibrae.ac.ru
- Голосов Валентин Николаевич**, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева, доктор географических наук, gollossov@gmail.com
- Духанин Юрий Александрович**, Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», ученый секретарь, ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, dr.dukhanin@esoil.ru
- Духанина Татьяна Михайловна**, Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, tm_dukhanina@mail.ru
- Жидкин Андрей Петрович**, Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», заведующий лабораторией эрозии почв, ведущий научный сотрудник, кандидат географических наук, gidkin@mail.ru
- Иванов Максим Михайлович**, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева, кандидат географических наук, ivanovm@igras.ru
- Иванова Екатерина Андреевна**, Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, katriell@mail.ru

- Иванова Надежда Николаевна**, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева, кандидат географических наук, nadine_iv@mail.ru
- Имшенник Екатерина Владимировна**, Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля, ведущий научный сотрудник, кандидат географических наук, yekimsh@rambler.ru
- Исаев Вячеслав Алексеевич**, Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», младший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, isva@mail.ru
- Каракотов Салис Добаевич**, Акционерное общество «Щелково Агрохим», генеральный директор, академик РАН, info@betaren.ru
- Катцов Владимир Михайлович**, Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, директор, доктор физико-математических наук, director@voeikovmgo.ru
- Киришин Валерий Иванович**, Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», главный научный сотрудник, академик РАН, vkiryushin@rambler.ru
- Красильников Павел Владимирович**, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, и.о. декана факультета почвоведения, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, krasilnikov@soil.msu.ru
- Крышев Иван Иванович**, НПО «Тайфун», главный научный сотрудник, доктор физико-математических наук, профессор, kryshev@rpatyphoon.ru
- Кузнецов Владимир Константинович** – Курчатовский комплекс радиологии и агроэкологии НИЦ «Курчатовский институт», начальник лаборатории, доктор биологических наук, vkkuzn@yandex.ru.
- Кулик Константин Николаевич**, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, главный научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, kulikkn@yandex.ru
- Левченко Екатерина Александровна**, Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, levchenko_ea@esoil.ru
- Леонов Вячеслав Игоревич**, Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, директор Департамента земельной политики, имущественных отношений и госсобственности, pr.depzempolit@mcx.gov.ru
- Линге Игорь Иннокентиевич**, Институт безопасного развития атомной энергетики РАН, советник директора, доктор технических наук, linge@ibrae.ac.ru

- Мамихин Сергей Витальевич**, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, ведущий научный сотрудник лаборатории радиоэкологии кафедры радиоэкологии и экотоксикологии факультета почвоведения, доктор биологических наук, svmamikhin@mail.ru
- Мартынюк Александр Александрович**, Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, научный руководитель института, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, vniilm_martinuk@mail.ru
- Марченко Татьяна Александровна**, Государственный научный центр Российской Федерации «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (федеральный центр науки и высоких технологий), главный научный сотрудник, доктор медицинских наук, профессор, general1952@yandex.ru
- Мингареева Елена Валерьевна**, Центральный музей почвоведения имени В.В. Докучаева – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального исследовательского центра «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, elena.mingareeva@yandex.ru
- Москалева Татьяна Павловна**, советник аппарата помощника Президента Российской Федерации Р.С.-Х.Эдельгериева, moskaleva_tp@gov.ru
- Нахутин Александр Ильич**, Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля, заместитель директора по науке, кандидат-физико-математических наук, ainakh@igce.ru
- Паштецкий Владимир Семенович**, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, директор, член-корреспондент РАН, президент Крымской академии наук, priemnaya@niishk.ru
- Попов Евгений Валерьевич**, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, кандидат технических наук, rev0063@mail.ru
- Порфирьев Борис Николаевич**, Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук, научный руководитель института, доктор экономических наук, академик РАН, b_porfiriev@mail.ru
- Прудников Петр Витальевич**, Брянский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Агрохимическая служба России», директор, доктор сельскохозяйственных наук, bryansk@rosah.ru
- Радин Александр Игоревич**, Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, заведующий лабораторией радиационного контроля, кандидат сельскохозяйственных наук, radin@roslesrad.ru

Раздайводин Андрей Николаевич, Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, заведующий отделом радиационной экологии и экотоксикологии леса, razdayvodin@roslesrad.ru

Романовская Анна Анатольевна, Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля, директор, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, an_roman@mail.ru

Рыбальский Николай Григорьевич, Национальное информационное агентство «Природные ресурсы», директор, главный редактор газеты «Природно-ресурсные ведомости», доктор биологических наук, rng@priroda.ru.

Савин Игорь Юрьевич, Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, savigory@gmail.com

Санжарова Наталия Ивановна – Курчатовский комплекс радиологии и агроэкологии НИЦ «Курчатовский институт», научный руководитель, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, natsan2004@mail.ru

Седнев Владимир Анатольевич, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, профессор и советник научного отделения, доктор технических наук, профессор, sednev70@yandex.ru

Семенов Сергей Михайлович, Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля, научный руководитель, доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, sergeysemenov1@yandex.ru

Сухачева Елена Юрьевна, Центральный музей почвоведения имени В.В. Докучаева – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального исследовательского центра «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», директор, доктор географических наук, lenasoil@mail.ru

Сысоев Георгий Владимирович, член Экспертного совета при Комитете Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию, g.v.sysoev@mail.ru

Сычев Виктор Гаврилович, Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, главный научный сотрудник, академик РАН, info@vniia-pr.ru

Таранов Александр Авенирович, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, заместитель заведующего Отделением комплексной безопасности и защиты населения, кандидат технических наук, aataranov@mail.ru

- Тихонович Игорь Анатольевич**, Санкт-Петербургский государственный университет, декан биологического факультета, доктор биологических наук, профессор, академик РАН, i.tikhonovich@spbu.ru
- Торшин Сергей Порфирьевич**, РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, профессор кафедры агрономической, биологической химии и радиологии, доктор биологических наук, sptorshin@rambler.ru.
- Тютюма Наталья Владимировна**, Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, директор, член-корреспондент РАН, pniiiaz@mail.ru
- Федоров Михаил Михайлович**, Государственная Дума Федерального Собрания Российской Федерации, помощник Председателя комитета по аграрным вопросам, sagrar@duma.gov.ru
- Финогенов Алексей Александрович**, МЧС России, заместитель директора Департамента гражданской обороны и защиты населения, vikazu@mail.ru
- Цыбулько Николай Николаевич**, Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета, начальник научно-исследовательского сектора, res-sector-isei@bsu.by
- Шамшурина Евгения Николаевна**, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, shamshyr@mail.ru
- Шевченко Виктор Александрович**, Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, директор, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, contact@vniigim.ru
- Шершаков Вячеслав Михайлович**, НПО «Тайфун», научный руководитель, доктор технических наук, shershakov@rpatyphoon.ru
- Щеглов Алексей Иванович**, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, заведующий кафедрой радиоэкологии и экотоксикологии, доктор биологических наук, доцент

Научное издание

ГЛОБАЛЬНЫЙ КЛИМАТ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

**Состояние и пути преодоления последствий
аварии на Чернобыльской АЭС,
1986-2026 гг.**

Национальный доклад

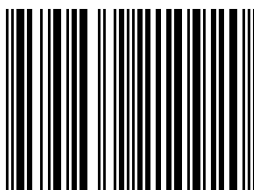
Том 5

Дизайн и компьютерная верстка: Е.А. Левченко
Корректурa: Е.А. Левченко

ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»
Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр.2.
Тел.: 8 (495) 951-50-37
e-mail: info@esoil.ru

Подписано к печати 21.06.2026
Печать офсетная. Бумага офсетная 80 г/м².
Формат 70×100 ¹/₁₆. Усл. печ. л. 33,9
Тираж 500 экз.

ISBN 978-5-86921-092-0



9 785869 210920 >