



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«НАЦИОНАЛЬНАЯ АТОМНАЯ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩАЯ КОМПАНИЯ
«ЭНЕРГОАТОМ» - ОП «АТОМПРОЕКТИНЖИНИРИНГ»

СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГОБЛОКОВ № 3 И 4 ХМЕЛЬНИЦКОЙ АЭС

44983-7

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

ТОМ 13.11

Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС).

Прогнозные оценки радиационного воздействия на
агрэкосистемы и население при нормальных условиях
эксплуатации и авариях

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Главный инженер



В.Н. Чернавский

Заместитель главного инженера



Т.Ю. Байбузенко

Главный инженер проекта

А.Л. Баханович

Изм.	Измененных	Заме- ненных	Новых	Анну- лиро- ванных	Всего страниц в доку- менте	Номер док.	Подпись	Дата
3	-	Все	-	-	98	449-17		18.07.17
Номера страниц								

Таблица регистрации изменения

Публічне акціонерне товариство
«Київський науково-дослідний та
проектно-конструкторський інститут
«ЕНЕРГОПРОЕКТ»
Технічний архів 1

2017

Головатюк С.В., изм. 3

Н. контр. Скар -
19.07.2017

Взам.инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Обозначение	Наименование	Примечание
43-814.203.004.ОЭ.13.11-С	Содержание тома	С. 2
43-814-СП	Состав проекта	С. 3
43-814.203.004.ОЭ.13.11-ВУ	Ведомость об участниках проекта	С. 8
43-814.203.004.ОЭ.13.11	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Прогнозные оценки радиационного воздействия на агроэкосистемы и население при нормальных условиях эксплуатации и авариях	С. 9

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	43-814.203.004.ОЭ.13.11-С						Стадия	Лист	Листов
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			
								Содержание тома	ТЭО		1
			Разработал	Калинина	<i>Калинина</i>	18.07.17			ПАО КИЭП		
			Проверил	Легась	<i>Легась</i>	18.07.17					
			Н. контр.	Головатюк	<i>Головатюк</i>	19.07.17					

Номер тома	Обозначение	Наименование	Примеч.
1	43-814.203.004.ОЭ.01	Основные исходные положения	
2	43-814.203.004.ОЭ.02	Необходимость и целесообразность сооружения энергоблоков № 3, 4. Мощность АЭС, единичная мощность энергоблока	
3	43-814.203.004.ОЭ.03	Обеспечение АЭС топливом, материалами, водой и другими ресурсами	
4	43-814.203.004.ОЭ.04	Подтверждение применимости площадки ХАЭС для сооружения энергоблоков № 3, 4 в соответствии с требованиями действующих НД	
5	43-814.203.004.ОЭ.05	Конфигурация энергоблоков № 3, 4 и АЭС в целом с учетом расширения энергоблоками № 3, 4	
6	43-814.203.004.ОЭ.06	Генеральный план и транспорт	
7.1	43-814.203.004.ОЭ.07.01	Основные технологические решения. Технологическая часть	
7.2	43-814.203.004.ОЭ.07.02	Основные технологические решения. Электрическая часть и связь	
7.3	43-814.203.004.ОЭ.07.03	Основные технологические решения. АСУ ТП	
7.4	43-814.203.004.ОЭ.07.04	Основные технологические решения. Отопление и вентиляция	
7.5	43-814.203.004.ОЭ.07.05	Основные технологические решения. Гидротехническая часть	
7.6	43-814.203.004.ОЭ.07.06	Основные технологические решения. Обращение с ядерным топливом и РАО	
8	43-814.203.004.ОЭ.08	Обеспечение ядерной и радиационной безопасности	
9	43-814.203.004.ОЭ.09	Основные архитектурно- строительные решения	
10	43-814.203.004.ОЭ.10	Эксплуатация	
11	43-814.203.004.ОЭ.11	Снятие с эксплуатации	
12	43-814.203.004.ОЭ.12	Обеспечение качества на всех этапах жизненного цикла АЭС	
13.1	43-814.203.004.ОЭ.13.01	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Основания для проведения ОВОС	
13.2	43-814.203.004.ОЭ.13.02	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Физико-географические особенности района и площадки размещения энергоблоков	

Взам. инв. №	Подпись и дата	43-814-СП								
		Изм.	Колуч	Лист	№ док.	Подп.	Дата			
Инв. № подл.		Состав проекта					Стадия	Лист	Листов	
		Разработал	Баханович				ТЭО	1	5	
		Проверил	Носенко				ПАО КИЭП			
		Н. контр.	Головатюк							

Номер тома	Обозначение	Наименование	Примеч.
13.3	43-814.203.004.ОЭ.13.03	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Общая характеристика энергоблоков	
13.4	43-814.203.004.ОЭ.13.04	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Климат и микроклимат	
13.5	43-814.203.004.ОЭ.13.05	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Воздушная среда	
13.6.1	43-814.203.004.ОЭ.13.06.01	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Геологическая среда зоны наблюдения, пункта, промплощадки и города-спутника АЭС. Пояснительная записка	
13.6.2	43-814.203.004.ОЭ.13.06.02	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Геологическая среда зоны наблюдения, пункта, промплощадки и города-спутника АЭС. Графические материалы	
13.7	43-814.203.004.ОЭ.13.07	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Поверхностные воды	
13.8.1	43-814.203.004.ОЭ.13.08.01	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Подземные воды. Пояснительная записка	
13.8.2	43-814.203.004.ОЭ.13.08.02	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Подземные воды. Графические материалы	
13.9	43-814.203.004.ОЭ.13.09	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Почвы	
13.10	43-814.203.004.ОЭ.13.10	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Растительный и животный мир, заповедные объекты зоны наблюдения	

Взам.инв. №					
Инв. № подл.					
Подпись и дата					
Изм.	Кодуч	Лист	№ док.	Подп.	Дата
43-814-СП					Лист
					2

Номер тома	Обозначение	Наименование	Примеч.
13.11	43-814.203.004.ОЭ.13.11	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Прогнозные оценки радиационного воздействия на агроэкосистемы и население при нормальных условиях эксплуатации и авариях	
13.12	43-814.203.004.ОЭ.13.12	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Оценка воздействий энергоблока на окружающую социальную среду	
13.13	43-814.203.004.ОЭ.13.13	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Оценка воздействий энергоблока на окружающую техногенную среду	
13.14	43-814.203.004.ОЭ.13.14	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Оценка последствий трансграничного переноса при нормальных и аварийных режимах	
13.15	43-814.203.004.ОЭ.13.15	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Оценка воздействий на окружающую среду при строительстве энергоблока	
13.16	43-814.203.004.ОЭ.13.16	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Комплексные мероприятия по обеспечению нормативного состояния и безопасности окружающей среды	
13.17	43-814.203.004.ОЭ.13.17	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Заявление об экологических последствиях эксплуатации энергоблоков	
13.18	43-814.203.004.ОЭ.13.18	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Материалы для общественных слушаний и консультативного референдума (реферат ОВОС)	
14	43-814.203.004.ОЭ.14	Организация управления проектом	
15	43-814.203.004.ОЭ.15	Основные положения по организации строительства, сроки строительства	

Взам.инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

43-814-СП

Лист

3

Номер тома	Обозначение	Наименование	Примеч.
16	43-814.203.004.ОЭ.16	Основные решения по подготовке территории и защита объектов от опасных природных и/или техногенных факторов	
17	43-814.203.004.ОЭ.17	Основные решения по санитарно-бытовому обслуживанию	
18.1	43-814.203.004.ОЭ.18.01	Основные решения по пожарной безопасности, охране труда, гражданской защите и идентификация потенциально опасных объектов. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности	
18.2	43-814.203.004.ОЭ.18.02	Основные решения по пожарной безопасности, охране труда, гражданской защите и идентификация потенциально опасных объектов. Основные решения по охране труда	
18.3	43-814.203.004.ОЭ.18.03	Основные решения по пожарной безопасности, охране труда, гражданской защите и идентификация потенциально опасных объектов. Основные решения по реализации инженерно-технических мероприятий гражданской защиты (гражданской обороны). Идентификация потенциально опасных объектов	
19	43-814.203.004.ОЭ.19	Социальные аспекты реализации проекта	
20.1	43-814.203.004.ОЭ.20.01	Сметная документация. Сводный сметный расчет	
20.2	43-814.203.004.ОЭ.20.02	Сметная документация. Объектные сметные расчеты	
20.3.1	43-814.203.004.ОЭ.20.03.01	Сметная документация. Локальные сметные расчеты. Технологическая часть	
20.3.2	43-814.203.004.ОЭ.20.03.02	Сметная документация. Локальные сметные расчеты. Электротехническая часть	
20.3.3	43-814.203.004.ОЭ.20.03.03	Сметная документация. Локальные сметные расчеты. КИП и А	
20.3.4	43-814.203.004.ОЭ.20.03.04	Сметная документация. Локальные сметные расчеты. Строительная часть	
20.3.5	43-814.203.004.ОЭ.20.03.05	Сметная документация. Локальные сметные расчеты. Отопление и вентиляция	

Взам.инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кодуч	Лист	№док.	Подп.	Дата


43-814-СП



Лист

4

Номер тома	Обозначение	Наименование	Примеч.
20.3.6	43-814.203.004.ОЭ.20.03.06	Сметная документация. Локальные сметные расчеты. Водопровод и канализация	
21	43-814.203.004.ОЭ.21	Обоснование экономической эффективности расширения АЭС	
22	43-814.203.004.ОЭ.22	Технико-экономические показатели	
23	43-814.203.004.ОЭ.23	Выводы и предложения	

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	43-814-СП	Лист	
							5	
						Инва. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Раздел	Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
1-3	Главный специалист отдела № 206	В.В. Легась	

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	43-814.203.004.ОЭ.13.11-ВУ						Стадия	Лист	Листов
			Изм.	Колуч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ТЭО		1
			Разработал	Калинина		18.07.17	Ведомость об участниках проекта	ПАО КИЭП			
			Проверил	Легась		19.07.17					
			Н. контр.	Головатюк		19.07.17					

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....10

ПРИЛОЖЕНИЕ А (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ) 43-814.203.004.ОЭ.13.11 ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (ОВОС). ПРОГНОЗНЫЕ ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АГРОЭКОСИСТЕМЫ И НАСЕЛЕНИЕ ПРИ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ И АВАРИЯХ.....11

Взам. инв. №										
	Подпись и дата									
Инв. № подл							43-814.203.004.ОЭ.13.11			
	Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата				
	Разработал		Калинина		<i>М.А.Сав</i>	18.07.17	Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС). Прогнозные оценки радиационного воздействия на агроэкосистемы и население при нормальных условиях эксплуатации и авариях	Стадия	Лист	Листов
	Проверил		Легась		<i>М.А.Сав</i>	18.07.17		ТЭО	1	90
	Нач. отд.							ПАО КИЭП		
Н. контр.		Головатюк		<i>С.Е.р</i>	19.07.17					

ВВЕДЕНИЕ

ТЭО строительства энергоблоков № 3, 4 Хмельницкой АЭС одобрено распоряжением Кабинета Министров Украины от 04 июля 2012 года № 498-р.

Корректировка ТЭО выполнена в соответствии с Заданием на проектирование к договору № 431603 от 28 января 2016 года между ОП «Атомпроектинжиниринг» НАЭК «Энергоатом» и ПАО КИЭП.

В соответствии с Заданием на проектирование корректировка ТЭО выполнена в связи с:

- заменой типа реакторной установки (РУ) ВВЭР-1000/В-392 на ВВЭР-1000 производства «SKODA JS a.s.» в соответствии с концептуальным решением № КР.46.001-14 от 20.20.2014 «Будівництво енергоблоків № 3, 4 на Хмельницькій АЕС. Концептуальне технічне рішення» и Техническими Требованиями к РУ ВВЭР-1000 «Skoda JS a.s.» № ТТ.46.003-15;

- необходимостью реализации мероприятий по повышению безопасности, предусмотренных «Комплексной программой повышения безопасности и надежности действующих АЭС Украины» и «Дополнительными требованиями по безопасности к проектам новых энергоблоков АЭС» (приложение № 15 к ТТ.46.003-15);

- необходимостью реализации положений нормативно-правовых актов и нормативных документов, измененных либо введенных в действие после одобрения ТЭО.

Технические решения, не связанные с указанными изменениями, остаются соответствующими одобренному ТЭО по всем объектам и сооружениям комплекса энергоблоков № 3 и 4 ХАЭС.

Корректировка ТЭО в соответствии с «Порядком разработки проектной документации на строительство объектов» выполнена путем внесения изменений в материалы одобренного ТЭО.

Изменение 3 данного тома, выполнено на основании «Экспертного звіту ДП «Укрдержбудекспертизи» №00-2193-16/ПБ» от 29.05.2017 и является редакцией 3 в соответствии с календарным планом к договору №431603.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам.инв. №					43-814.203.004.ОЭ.13.11	Лист
			Изм.	Колуч.	Лист	№ док.		Подп.

**Приложение А
(обязательное)**

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС).

**Прогнозные оценки радиационного воздействия на агроэкосистемы и население при
нормальных условиях эксплуатации и авариях**



**Национальный университет биоресурсов и природопользования
Украины**

Хмельницкая АЭС

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
СООРУЖЕНИЯ ЭНЕРГОБЛОКОВ №3, 4**

ТОМ 13

Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС)

ЧАСТЬ 11

**Прогнозные оценки радиационного воздействия на
агроэкосистемы и население при нормальных условиях
эксплуатации и авариях**

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Директор УкрНИИСХР, д.б.н.

Кашпаров В.А.

Научный руководитель, к.б.н.

Левчук С.Е.

2011

Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам.инв. №

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	43-814.203.004.ОЭ.13.11	Лист
							3

**Хмельницкая АЭС
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
СООРУЖЕНИЯ ЭНЕРГООБЛОКОВ №3, 4
ТОМ 13**

**Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС)
ЧАСТЬ II**

**Прогнозные оценки радиационного воздействия на агроэкосистемы и население при
нормальных условиях эксплуатации и авариях**

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Исполнители работы

Директор Укр НДИСГР, д.б.н.



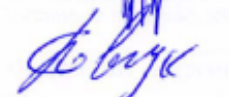
В.А.Кашпаров

Зав. лаб. Укр НДИСГР, к.б.н.



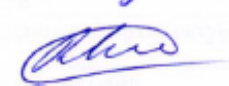
В.И.Йощенко

Зав. лаб. Укр НДИСГР, к.б.н.



С.Е.Левчук

Младший научный сотрудник
Укр НДИСГР



В.П. Ланшин

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам.инв. №					43-814.203.004.ОЭ.13.11	Лист
			Изм.	Колуч.	Лист	№ док.		Подп.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	15
1 АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В АГРОЭКОСИСТЕМЫ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И АВАРИЯХ.....	16
1.1 Анализ источников поступления радионуклидов в агроэкосистемы при нормальной эксплуатации энергоблока	16
1.2 Анализ источников поступления радионуклидов в агроэкосистемы при авариях.....	22
2 ПРОГНОЗ СОДЕРЖАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В КОМПОНЕНТАХ АГРОЭКОСИСТЕМ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ НУЭ, ПА И ЗПА	24
2.1 Загрязнение сельскохозяйственной продукции радионуклидами до ввода в эксплуатацию энергоблоков №3,4	24
2.2 Прогнозные оценки дополнительного вклада в загрязнение сельхозпродукции при нормальной эксплуатации станции	25
2.3 Прогнозные оценки загрязнения сельскохозяйственной продукции при аварийных ситуациях	31
2.3.1 Максимальная проектная авария	31
2.3.2 Запроектная авария	34
3 ОЦЕНКА ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК НА КРИТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ АГРОЭКОСИСТЕМ И НАСЕЛЕНИЕ ПРИ НУЭ, МПА И ЗПА	37
3.1 Оценка дозовых нагрузок на критические компоненты агроэкосистем и возможных эффектов при нормальных условиях эксплуатации и проектных авариях	37
3.1.1 Воздействие ионизирующего излучения на компоненты экосистем.....	37
3.1.2 Расчет дозовых нагрузок на агроэкосистемы.....	40
3.1.3 Дозовые нагрузки на критические компоненты агроэкосистем и возможных эффектов при нормальных условиях эксплуатации и аварийных ситуациях.....	45
3.2 Формирование дозовых нагрузок на население за счет естественных и искусственных радионуклидов при работе ХАЭС в режиме нормальной эксплуатации	53
3.3 Оценка дозовых нагрузок на население и возможных эффектов при авариях (МПА, ЗПА) на ХАЭС	57
3.3.1 Временная динамика и пространственная зависимость эффективных доз.....	58
Выводы	80
Перечень принятых сокращений	82
Список ссылочных нормативных документов и литературы	83
Приложение А (обязательное) Пути формирования ожидаемой годовой эффективной дозы от газо-аэрозольных выбросов при нормальной эксплуатации ХАЭС	85
Приложение Б (обязательное) Дозы острого периода при МПА на различных расстояниях от источника выброса	93
Приложение В (обязательное) Прижизненные эффективные дозы при МПА на различных расстояниях от источника выброса.....	94

Изм.	Кодуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Индв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №			

Приложение Г (обязательное) Эффективные дозы острого периода при ЗПА на различных расстояниях од источника выброса.....96

Приложение Д (обязательное) Прижизненные эффективные дозы при ЗПА на различных расстояниях од источника выброса97

Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам.инв. №

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	43-814.203.004.ОЭ.13.11

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая часть 11 тома 13 «Оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС)» подготовлена в соответствии с требованиями пунктов 2.8, 2.26, 2.34 ДБН А.2.2-1-2003 [1], экологического законодательства Украины и норм [2, 13].

Документ содержит:

- анализ источников поступления радионуклидов в агроэкосистемы при нормальной эксплуатации станции и авариях;
- прогноз содержания радионуклидов в продукции сельскохозяйственного производства;
- оценку дозовых нагрузок на критические компоненты агроэкосистем и население.

Материалы данной части подготовлены на основе, экспериментальных результатов по содержанию радионуклидов в сельскохозяйственной продукции, математического моделирования рассеяния газоаэрозольных радиоактивных выбросов при нормальной эксплуатации станции и авариях, оценки дозовых нагрузок на население с использованием пространственного поля загрязнения [20- 27].

Инв. № подл.	Подпись и дата	—Взам.инв. №					43-814.203.004.ОЭ.13.11	Лист
			Изм.	Кодуч.	Лист	№ док.		Подп.

1 АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В АГРОЭКОСИСТЕМЫ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И АВАРИЯХ

1.1 Анализ источников поступления радионуклидов в агроэкосистемы при нормальной эксплуатации энергоблока

Степень радиоактивного загрязнения агропромышленной продукции и величина дозовых нагрузок на сельскохозяйственные растения, животные и в конечном итоге на человека по пищевой цепочке определяется:

- общим количеством выбрасываемых в окружающую среду радионуклидов;
- характером рассеяния этих радионуклидов;
- физико-химическими свойствами радионуклидов;
- свойствами загрязненного почвенного и растительного покрова.

Основной вклад в общее количество газо-аэрозольных выбросов энергоблока вносят инертные радиоактивные газы, которые непосредственно не принимают участия в миграции по звеньям агроэкосистем, а соответственно и в формировании дозы по пищевым цепям. Ожидаемый вклад в суммарную мощность выброса радиоизотопов йода, других продуктов деления и активированных продуктов коррозии очень мал, причем многие из них имеют периоды полураспада в несколько часов. При рассмотрении миграции радионуклидов в компонентах агроэкосистем, следует уделять основное внимание радиоизотомам так называемых биогенных химических элементов и радионуклидов, для которых стабильные носители-аналоги являются биогенными элементами. При этом для оценки последствий наряду с данными о почвенно-климатических условиях территории, особенностях ведения сельскохозяйственного производства и т.д. в качестве одного из основных критериев должны быть использованы оценки вероятных значений плотности загрязнения территории радионуклидами.

Рассматриваются основные пути поступления радионуклидов в компоненты агроэкосистем. Значительная часть радионуклидов, поступающих в атмосферу, образуют аэрозоли и под влиянием гравитационных сил, а также под воздействием дождя, туманов, снега выпадают на поверхность земли. Оседание радионуклидов на растительность происходит и в дни без осадков, иногда доля сухого осаждения достаточно высока (определяется состоянием атмосферы). Выпадение радиоактивных аэрозолей на поверхность растений приводит к накоплению в их надземных частях всей совокупности оседающих радионуклидов. Задерживание оседающих радиоактивных аэрозолей и их последующее потери зависят: от плотности фито-массы на единицу площади, вида растений, размеров оседающих частиц, относительной влажности до и после выпадений и др. Непосредственно после осаждения начинается и процесс удаления радиоактивных частиц с поверхности растений. Максимальные потери радионуклидов у растений происходят уже в первые сутки. В среднем для разных культур до 70-90 % потерь происходит в течение первых 7-10 суток. Средний период полупотерь лугово-пастбищной растительностью несколько больше и может колебаться от 7 до 17 суток. При непрерывных выпадениях в целом вклад этого процесса в общее загрязнение растительности определяется интенсивностью выпадений радиоактивных веществ. Интенсивность выпадений радионуклидов при ожидаемой мощности выбросов очень низкая (например, равновесная интенсивность выпадений для ^{137}Cs имеет порядок 10^{-10} Бк/(м²·с)) и соответственно аэральное загрязнение растительности будет пренебрежимо мало.

Инд. № подл.	Подпись и дата	—Взам.инв. №

Изм.	Кодуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Лист

8

На рисунке 1.1 представлена блок-схема основных путей поступления радионуклидов в рацион человека. При непрерывных выпадениях постоянно идет загрязнение почвенной поверхности выпадениями радиоактивных веществ из атмосферы. Часть радионуклидов непосредственно попадает на почвенный покров, а часть задерживается растительностью. Как было показано выше, процесс очищения растительности является очень динамичным, и в течение нескольких недель после радиоактивных выпадений радионуклиды практически полностью попадают на почвенный покров и включаются в дальнейшие процессы миграции по звеньям биоценоза. Эти процессы включают в себя: вертикальную и горизонтальную миграцию радионуклидов, переход их в растения. Рассмотрите эти процессы более конкретно.

Инв. № подл.	—Взам.инв. №				
	Подпись и дата				
Изм.	Кодуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
43-814.203.004.ОЭ.13.11					Лист
					9

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Копия	Лист	№ док.	Подп.	Дата

43-814.203.004.09.13.11

Лист 10

43-814.203.004.09.13.11_изм.3

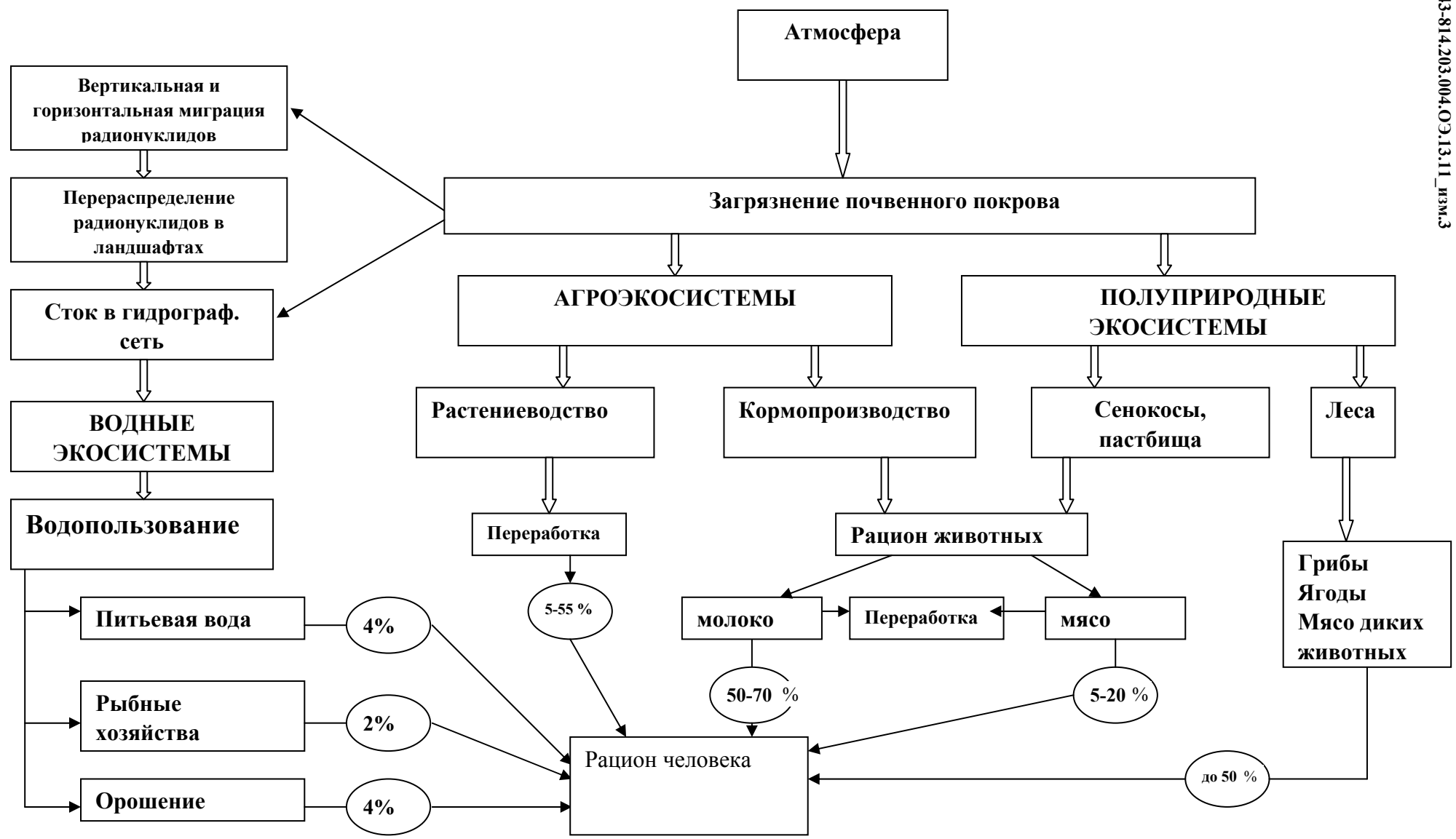


Рисунок 1.1 – Основные пути миграции радионуклидов выброса АЭС в рацион человека [1]

Формат А4

Под миграцией радионуклидов в почвах понимается вся совокупность процессов, приводящих к перемещению радионуклидов в почвах или перераспределению их между различными фазами и состояниями, что предопределяет пространственно-временное перераспределение радионуклидов по глубине и в горизонтальном направлении, способствует поступлению их в растения, в грунтовые воды, в воды водоемов. К движущим силам, вызывающим миграцию радионуклидов в почвах, относятся: фильтрация атмосферных осадков вглубь почвы, капиллярный подток влаги к поверхности в результате испарения, термомассовый перенос влаги под действием градиента температуры, движение воды по поверхности почвы, диффузия свободных и адсорбированных ионов, перенос радионуклидов на мигрирующих коллоидных частицах, перенос по корневым системам растений, процессы сорбции и десорбции веществ почвой. Интенсивность этого процесса очень сильно зависит от физико-химических свойств радионуклидов и почвенных условий. Так, такие радиологически значимые радионуклиды, как ^{137}Cs и ^{90}Sr ведут себя в одинаковых условиях совершенно по разному. По имеющимся в настоящее время данным более 90 % радиоцезия чернобыльских выпадений в ненарушенных почвах находится в верхнем пятисантиметровом слое. Радиостронций более подвижен - благодаря процессам вертикальной миграции в настоящее время он распространился на глубину до 40 см, хотя на незадернованных песках в зоне отчуждения его максимумы наблюдались и на глубине более метра. Если учесть тот факт, что грунтовые воды для Полесья находятся, в основном, на глубине более трех метров то можно утверждать, что процессы вертикальной миграции слабо способствуют попаданию радионуклидов в грунтовые воды и дальнейшему распространению в открытые водоемы. Даже если радионуклиды попадают в водоносные горизонты, то дальнейшая их горизонтальная миграция происходит очень медленно по причине низких скоростей передвижения грунтовых вод.

Процессы горизонтальной миграции в геохимических ландшафтах включают в себя ветровой перенос, сток поверхностных вод в гидрологическую сеть и бессточные понижения рельефа. Величина ветрового переноса определяется скоростью ветра свойствами (в первую очередь механический состав почвы) и состоянием (задернованность, влажность и т.д.) почвенного покрова. Этот процесс приводит к незначительному перераспределению радиоактивности в окружающей среде. Для Полесья коэффициент ветрового подъема для естественных условий (природные, полуприродные экосистемы) составляет 0,01-0,001 % в год от запаса активности на единице площади. При ведении активной техногенной деятельности (вспашка, дискование и т.д.) этот коэффициент может достигать 1 %. Такие величины перераспределения активности могут иметь значение при загрязнении растительности на сопредельных угодьях радионуклидами, корневое поступление которых очень низкое (например, изотопы плутония).

Радиоактивное загрязнение поверхностных водных объектов после выпадений радионуклидов происходит путем «жидкого» и «твердого» стоков радионуклидов. «Жидкий» сток это миграция растворенных в воде радионуклидов. «Твердый» сток представляет собой миграцию радионуклидов, сорбированных на мелкодисперсной фракции почвы. «Твердый» сток, как правило, доминирует над «жидким». Направления и интенсивности выноса радионуклидов в водоемы определяется конкретными ландшафтно-геохимическими и климатическими условиями. При миграции радионуклидов с грунтовым стоком от границ водоразделов к пойме происходит их значительная аккумуляция геохимическими барьерами. Результаты изучения горизонтальной миграции ^{90}Sr глобальных выпадений показали, что среднегодовой вынос этого радионуклида в реки из полесских ландшафтов колеблется от 2,5 до 1 % с тенденцией уменьшения с течением времени с начала выпадений [5]. Для ландшафтов с суглинистыми почвами вынос радиостронция составлял в 1961-67 гг. 0,2-0,5 %

Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

						43-814.203.004.ОЭ.13.11	Лист
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		11

радиоактивных выпадений крупный рогатый скот находится на пастбище, то поступление радионуклидов в относительных единицах может составить: через пищеварительный канал 1000, органы дыхания 1 и кожу 0,0001 [9]. Особую роль в общей схеме миграции радионуклидов занимают жвачные животные, которым требуется много грубых и сочных кормов – в пастбищный период в течение суток корова поедает траву с площади 100-300 м², а именно луговые и пастбищные растения отличаются более высоким накоплением радионуклидов по сравнению с растениями на пахотных почвах. Это связано с поглощением травами питательных элементов с дернины, в которой сорбируются радионуклиды, а также с типом почв под пастбищными угодьями. При загрязнении естественных и окультуренных лугов длительного пользования радиоактивные выпадения аккумулируются на поверхности растительных остатков, сосредоточенных в дернине и оттуда сравнительно медленно мигрируют в минеральные слои почвы, в то время как на пахотных угодьях происходит ежегодное уменьшение концентрации выпавших радионуклидов в корневом слое почвы вследствие перепахивания. Луга являются объектами природы с очень интенсивным процессом жизнедеятельности с вовлечением в биологический кругооборот большого количества травянистой биомассы, что требует большого количества питательных веществ. Вместе с питательными веществами поступают радиоактивные цезий и стронций, которые являются химическими аналогами калия и кальция, соответственно. Наиболее критическими с точки зрения перехода ¹³⁷Cs в растения являются луга, сформированные на торфяно-болотистых почвах с избыточным увлажнением. Максимальное содержание радиоактивного стронция наблюдается на суходольных лугах, сформированных на дерново-подзолистых почвах легкого механического состава с низким содержанием обменного кальция. Различная подвижность этих радионуклидов в одних и тех же условиях объясняется различными механизмами их сорбции в почве. Для ¹³⁷Cs свойственна необратимая сорбция мелкодисперсной минеральной фракцией почвы. ⁹⁰Sr преимущественно сорбируется органическим веществом почвы.

Таким образом, сочные и грубые корма, источником которых являются луга и пастбища, это основной путь поступления радионуклидов в организм животных. Дальнейшее их поведение в организме животных, их переход в сельскохозяйственную продукцию определяется биологической доступностью радионуклидов. Переход радионуклидов в мясо и молоко определяется физико-химическими свойствами радионуклидов, а также видовыми особенностями и возрастом животных. Максимальный переход в мясо характерен для радиоизотопов цезия - 8 % от суточного поступления с рационом на 1 кг. Переход радиоизотопов стронция в мясо намного меньше и составляет 0,04 % от поступления за сутки на 1 кг [1]. Выделение этих двух радионуклидов с молоком коров также сильно различается. По данным, приведенным в [10], переход радиоизотопов стронция из суточного рациона в пастбищный период составляет 0,14 %, а радиоизотопов цезия – 0,9 %. Из приведенного выше материала можно сделать вывод, что путь поступления через продукцию животноводства в рацион человека наиболее значителен для радиоизотопов цезия. Как показано в [10] на примере оценки формирования средних индивидуальных доз на сельское население, проживающее в загрязненных после аварии на ЧАЭС районах, при пероральном поступлении ¹³⁷Cs с продуктами питания основными дозообразующими продуктами являются молоко и мясо (от 80 до 90 % дозы внутреннего облучения).

Этот путь поступления радиоцезия имеет очень большое значение для изучаемого региона, поскольку в его почвенном покрове значительные площади заняты торфяно-болотными почвами. Угодья, расположенные на таких почвах, очень широко используются населением для выпаса скота и заготовки сена. И как результат - на низких уровнях

Изм. № подл.

Подпись и дата

Взам.инв. №

Лист

43-814.203.004.ОЭ.13.11

13

Изм. Кодуч. Лист № док. Подп. Дата

2 ПРОГНОЗ СОДЕРЖАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В КОМПОНЕНТАХ АГРОЭКОСИСТЕМ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ НУЭ, ПА И ЗПА

2.1 Загрязнение сельскохозяйственной продукции радионуклидами до ввода в эксплуатацию энергоблоков №3,4

Полученные данные по загрязнению исследуемой территории радионуклидами техногенного происхождения (см. часть 9) в комплексе с данными по характеристикам почвенного покрова дают возможность сделать вывод о невозможности превышения ДУ-2006 по загрязнению сельскохозяйственной продукции. Наиболее критическим звеном поступления радионуклидов в организм человека для региона Украинского Полесья является звено почва-растение-молоко-человек [11]. На исследование этого звена и были направлены основные усилия. Пробы молока были отобраны в населенных пунктах, примыкающим к поймам рек (почвы пойменных лугов имеют наивысшие коэффициенты перехода ^{137}Cs в сельскохозяйственную продукцию). Пробы цельного молока отбирались в личных подсобных хозяйствах. Полученные результаты подтверждают сделанное выше утверждение о невозможности превышения установленных уровней¹⁾ даже в самых благоприятных условиях миграции этого радионуклида (таблица 2.1). Изотопы йода в исследуемых образцах не выявлены.

Таблица 2.1 – Содержание радионуклидов в молоке личных подсобных хозяйств исследуемой территории

Населенный пункт	Удельная активность радионуклидов, Бк/л			
	^{137}Cs	2 σ , %	^{40}K	2 σ , %
Вельбовно	<2		40	32
Хорив	<2		52	30
Межирич	<0,5		60	28
Слободка	0,4	19	45	20
Бадовка	<0,5		42	30
Волосковцы	<2		35	35
Теремское	<0,5		48	19
Деревьянче	4,5	42	43	29
Розважное	<2		56	30

По данным ХАЭС превышение установленных уровней радиоактивного загрязнения продуктов питания животного происхождения (мясо КРС, молоко и молочные продукты) и кормов не обнаружено. Содержание ^{137}Cs в мясе КРС варьируется в диапазоне от 3,4 до 8,5 Бк/кг при допустимой норме 200 Бк/кг, а в молоке от 3,8 до 6,3 Бк/кг при допустимой норме 100 Бк/кг.

¹⁾ ДУ-2006 по ^{137}Cs для молока и молокопродуктов – 100 Бк/кг

Инв. № зам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

43-814.203.004.ОЭ.13.11

16

Изм. Колуч. Лист № док. Подп. Дата

2.2 Прогнозные оценки дополнительного вклада в загрязнение сельхозпродукции при нормальной эксплуатации станции

Для проведения корректной прогнозной оценки загрязнения сельскохозяйственной продукции радионуклидами необходимо учитывать все основные факторы, которые влияют на подвижность радионуклидов в звеньях почва-сельхозпродукция. Подробный анализ этих факторов проведен в разделе 1.1, где показано, что при прогнозе загрязнения сельскохозяйственной продукции радионуклидами должны быть учтены:

- почвенные условия;
- физико-химические свойства радионуклидов;
- свойства звена агробиоценоза, в которое поступает радионуклид.

Уровни загрязнения сельскохозяйственной продукции рассчитывались с использованием эмпирической зависимости

$$A^i \text{ [Бк/кг]} = \sigma \text{ [кБк/м}^2\text{]} \cdot K_n^{ij} \text{ [(Бк/кг) / (кБк/м}^2\text{)]}, \quad (2.1)$$

где A^i – удельная активность радионуклида в i -той сельскохозяйственной продукции;

σ – плотность загрязнения территории;

K_n^{ij} – коэффициент перехода радионуклида в i -ю сельскохозяйственную продукцию для j -тых почвенных условий.

Таблица 2.2 - Интегрированные коэффициенты перехода ^{137}Cs в сельскохозяйственную продукцию (Бк/кг)/(кБк/м²) (рекомендованные МАГАТЭ)

Продукт	Группа почв			
	Дерново-подзолистые	Серые лесные	Черноземы	Торфяные
Молоко	0,20	0,07	0,03	0,60
Говядина	0,6	0,25	0,1	2,0
Картофель	0,06	0,04	0,015	0,20
Грибы	13,0	4,0	1,0	20,0

Коэффициенты перехода, приведенные выше в таблице 2.2, являются результатом усреднения большого массива экспериментальных данных. Следует отметить, что кратность различий этих коэффициентов для одинаковых культур и почв составляет десятки раз. Имея плотность загрязнения территории радионуклидом, почвенные условия (тип почв), коэффициенты перехода радионуклида на этих почвах и используя выше приведенную зависимость, получаем оценку загрязнения. Загрязнение молока оценивалось исходя из содержания радионуклидов в рационе в пастбищный период.

Корректное прогнозное загрязнение сельскохозяйственной продукции радионуклидами подразумевает учет всех основных факторов, влияющих на миграционную подвижность радионуклидов в звеньях агроценозов.

Исходя из радионуклидного состава ожидаемых выбросов в атмосферу, приведенного в Части 3 Тома 13 (ОВОС), для прогнозных оценок загрязнения сельхозпродукции был выбран

Инв. № подл.

Подпись и дата

Взам. инв. №

Лист

43-814.203.004.ОЭ.13.11

17

Изм. Кодуч. Лист № док. Подп. Дата

^{137}Cs . Этот радионуклид является долгоживущим (при постоянном выбросе происходит увеличение плотности загрязнения окружающей среды на протяжении всего периода эксплуатации станции). Также он, благодаря своим физико-химическим свойствам, обладает достаточно высокими скоростями миграции в звеньях агроценозов. Такой долгоживущий радионуклид, как ^{90}Sr не рассматривался, по причине очень низкой скорости выброса (9 Бк/сут).

В настоящее время продукты питания, приведенные в таблице 2.2, составляют основную долю в рационе сельских жителей исследуемого региона. Исходя из этого, выше перечисленные продукты, были выбраны в качестве прогнозируемых объектов, формирующих основной вклад в дозовые нагрузки при пероральном поступлении радионуклидов в организм человека. Грибы не входят в основной рацион, но являются гипернакопителями ^{137}Cs и в некоторых регионах могут давать значимый вклад в дозу. Кроме того лесистость ближней зоны очень большая.

Как показали прогнозные оценки ожидаемого загрязнения почвенного покрова радионуклидами газо-аэрозольных выбросов станции при нормальной эксплуатации, дополнительный вклад в уровни уже существующее загрязнение очень мал (Часть 9 данного ОВОС). Если проводить прогнозные оценки содержания радионуклидов в сельхозпродукции с учетом фонового загрязнения сельхозугодий, то дополнительный вклад за счет эксплуатации блока будет незаметен. Поэтому все оценки произведены только для дополнительного загрязнения продукции за счет газо-аэрозольных выбросов. При расчетах использованы ожидаемые максимальные плотности загрязнения ^{137}Cs территории, прилегающей к ХАЭС (Часть 5 данного ОВОС), а также почвенная карта этого региона (Часть 9 данного ОВОС).

На рисунках 2.1- 2.4 приведены дополнительные максимальные прогнозные уровни загрязнения ^{137}Cs молока, говядины, картофеля и грибов, соответственно. Как было показано в разделе 1.1, критическим продуктом поступления ^{137}Cs в рацион человека является молоко. Полученные прогнозные оценки (рисунок 2.1), сделанные с учетом реальных коэффициентов перехода этого радионуклида в звеньях почва-животное-молоко, еще раз подтвердили это. Максимальные дополнительные уровни загрязнения молока имеют порядок $n \cdot 10^{-5}$ Бк/л (допустимый уровень загрязнения 100 Бк/л). Очевидно, что эта добавка не будет заметна на фоне существующих уровней загрязнения молока в несколько Бк/л (см. раздел 2.1). Приведенные оценки наглядно показывают пространственное распределение критических, с точки зрения перехода ^{137}Cs в молоко, территорий. Основная их часть сосредоточена в ближней зоне станции.

Одним из критических продуктов питания, который может давать значительный вклад в облучение населения является мясо. Проведенные оценки дополнительного загрязнения этого продукта питания ^{137}Cs за счет газоаэрозольных выбросов станции, показали пространственное расположение критических территорий (рисунок 2.2). Сами уровни дополнительного загрязнения достаточно малы ($n \cdot 10^{-4}$ Бк/кг) и не могут быть определены экспериментально.

На рисунке 2.3 приведены максимальные прогнозные уровни загрязнения ^{137}Cs картофеля. В целом, переход ^{137}Cs в эту культуру, определяется почвенными условиями. Максимальные величины дополнительного загрязнения клубней картофеля составляют сотысячные доли Беккереля на килограмм. Очевидно, что такие величины невозможно измерить. Допустимые уровни содержания ^{137}Cs в этом продукте питания, при которых не будет превышен лимит дозы, составляют 60 Бк/кг.

В Части 9 данного ОВОС рассматривались биоиндикаторы радиоактивного загрязнения. Было показано, что наилучшим индикатором загрязнения территории ^{137}Cs являются грибы. Поскольку лесистость ближней зоны станции большая, то были проведены оценки дополнительного загрязнения грибов, произрастающих на этой территории (рисунок 2.4).

Инв. № зам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

43-814.203.004.ОЭ.13.11

18

Изм. Кодуч. Лист № док. Подп. Дата

Дополнительные максимальные уровни при эксплуатации станции в нормальном режиме могут составить тысячные Беккереля на килограмм продукции. Это далеко от допустимых уровней содержания ^{137}Cs в этом продукте.

Дополнительный вклад в загрязнение сельхозпродукции ^{90}Sr за счет эксплуатации блока будет гораздо меньше по сравнению с ^{137}Cs , поскольку величина его выбросов (с учетом вклада предшественников) значительно ниже. Поэтому оценки загрязнения сельскохозяйственной продукции этим радионуклидом не проводились.

Таким образом, максимальное дополнительное загрязнение сельскохозяйственной продукции радионуклидами при нормальной эксплуатации ХАЭС будет пренебрежимо мало (менее 0,01 %) по сравнению с существующими уровнями содержания естественных и техногенных радионуклидов в продуктах питания населения.

Проведенные оценки показали целесообразность использовать как, индикаторы техногенного радиоактивного загрязнения территории грибы и молоко (особенно в пастбищный период). Эти продукты питания интегрируют загрязнение из достаточно большой территории (в отличие от пробы почвы, которая характеризует достаточно локальное загрязнение).

Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

						43-814.203.004.ОЭ.13.11	Лист
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		19

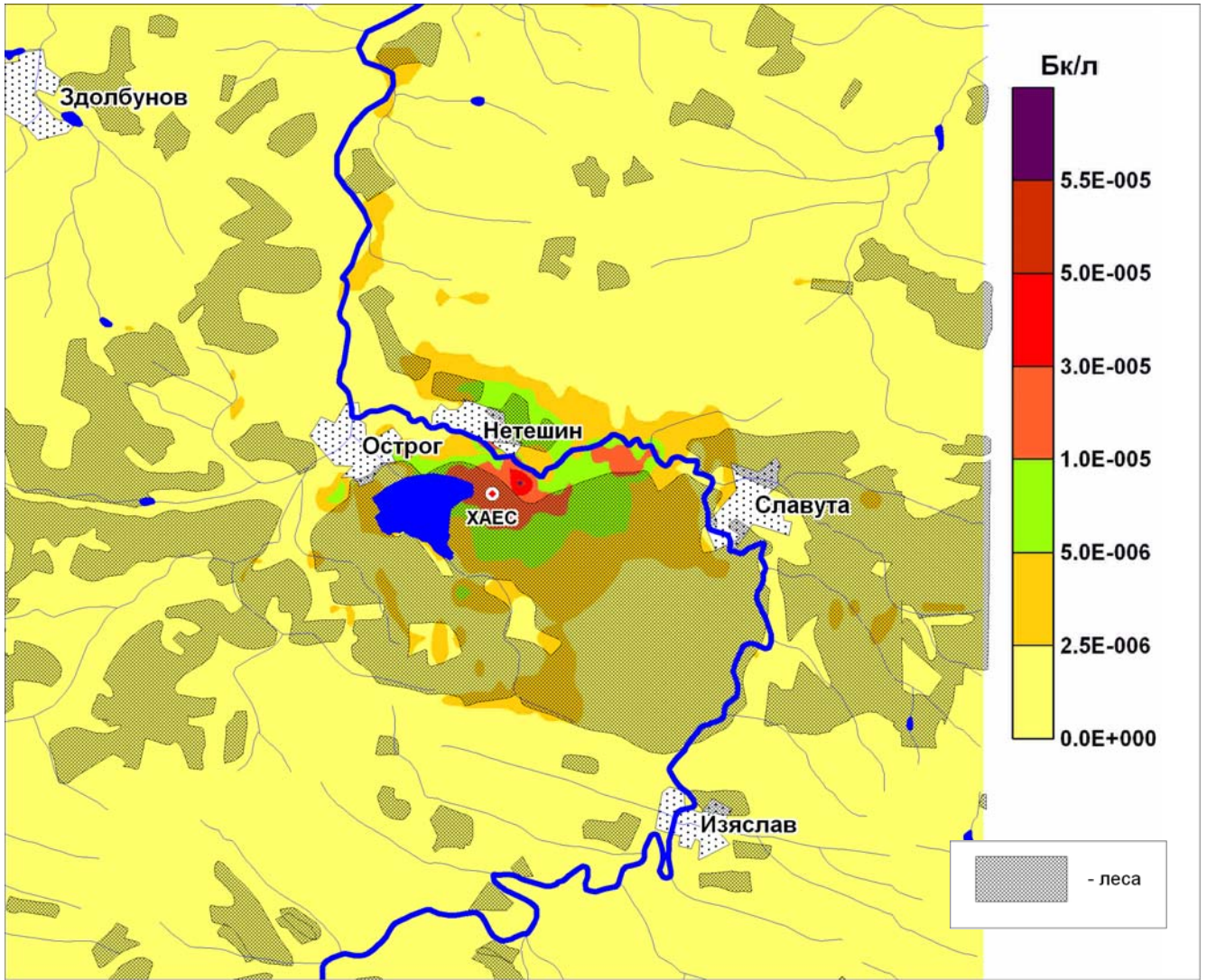


Рисунок 2.1 - Дополнительные максимальные уровни загрязнения молока ¹³⁷Cs, произведенного на территории ЗН ХАЭС (4 энергоблока)

Индв. № подл.	Подпись и дата	Взам.инв. №

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

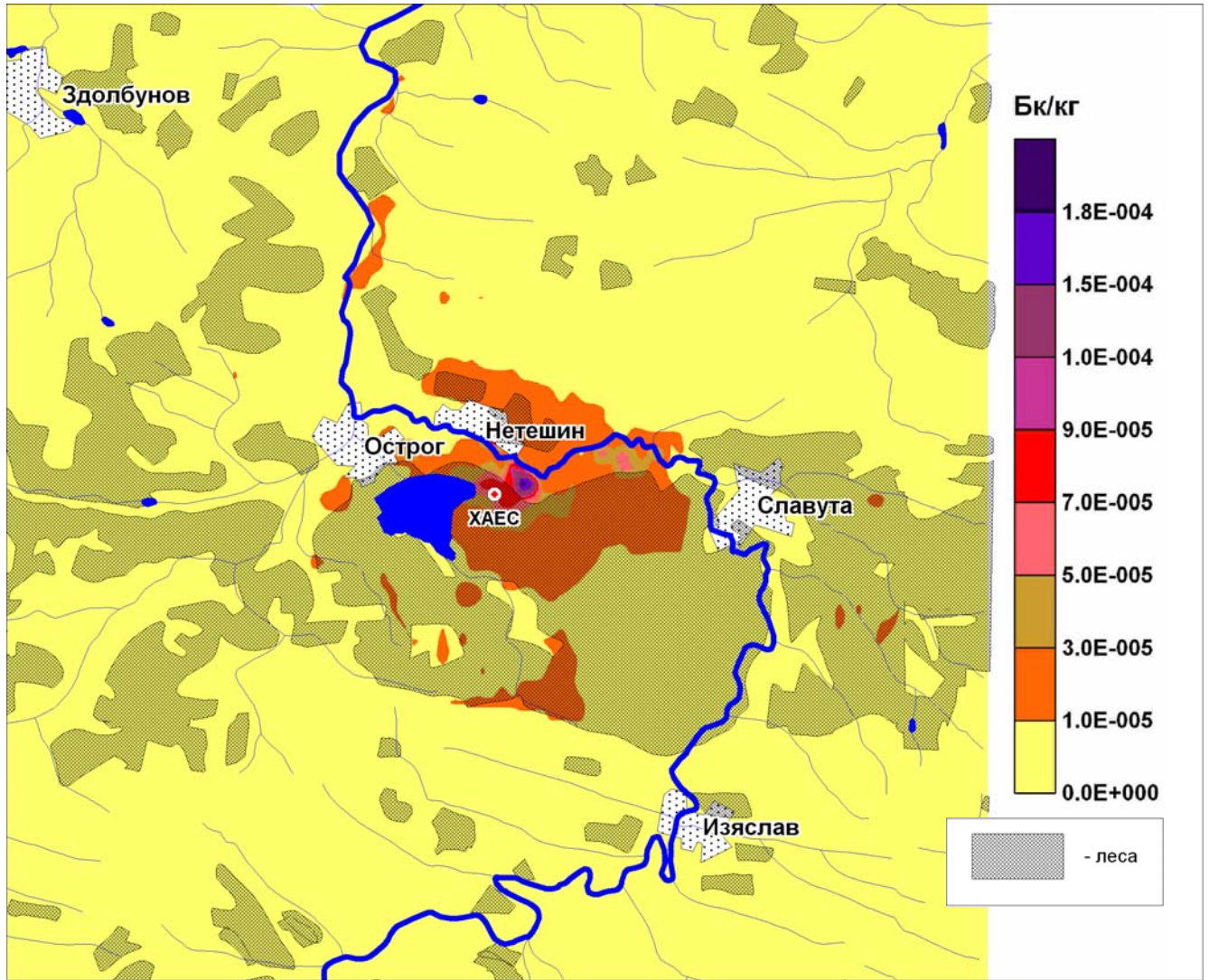


Рисунок 2.2 - Дополнительные максимальные уровни загрязнения говядины ¹³⁷Cs, произведенной на территории ЗН ХАЭС (4 энергоблока)

Инд. № подл.	Подпись и дата	Взам.инв. №

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Лист

21

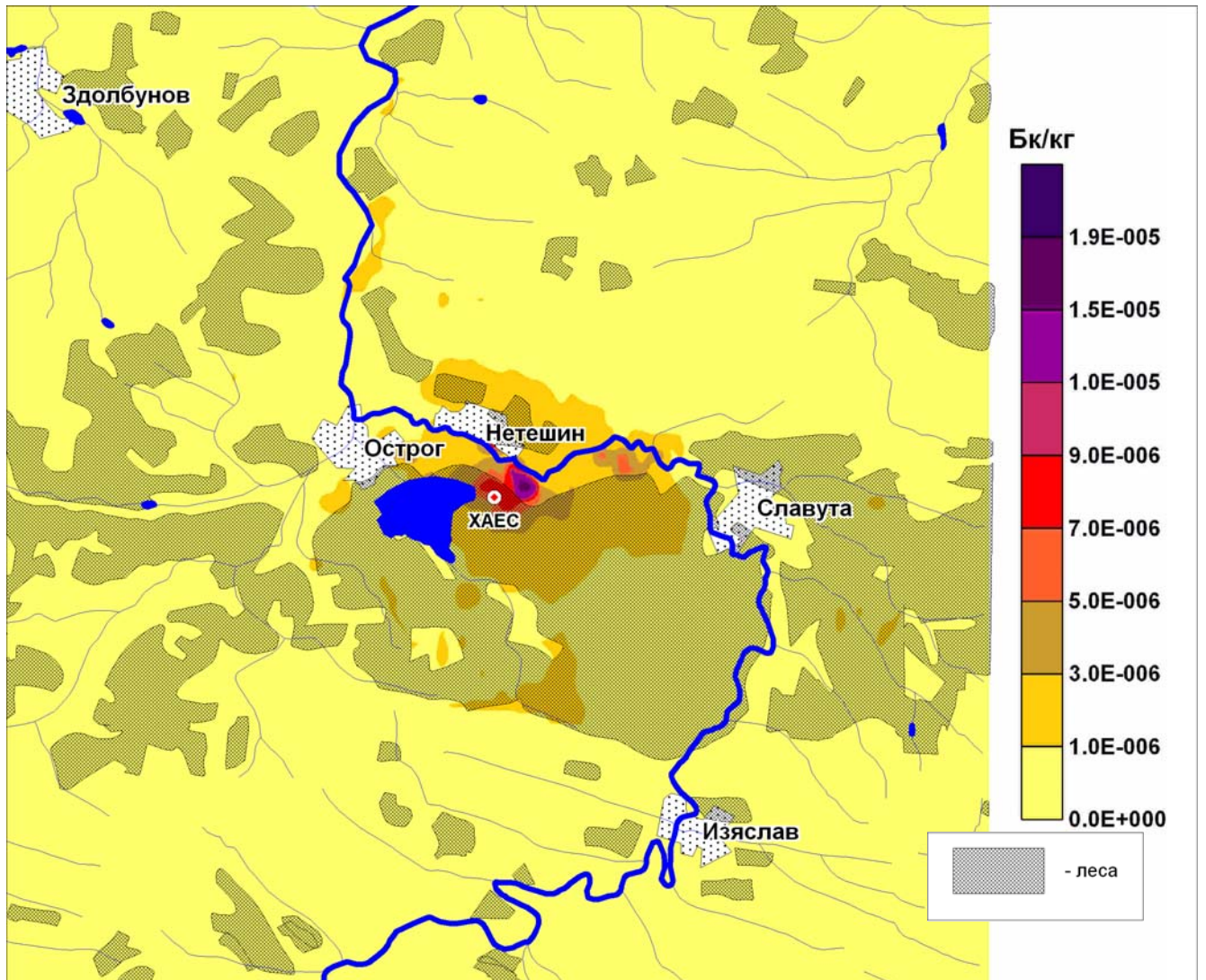


Рисунок 2.3 - Дополнительные максимальные уровни загрязнения картофеля ^{137}Cs , произведенного на территории ЗН ХАЭС (4 энергоблока)

Инд. № подл.	Подпись и дата					Взам. инв. №
Изм.	Кодуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	43-814.203.004.ОЭ.13.11
						Лист 22

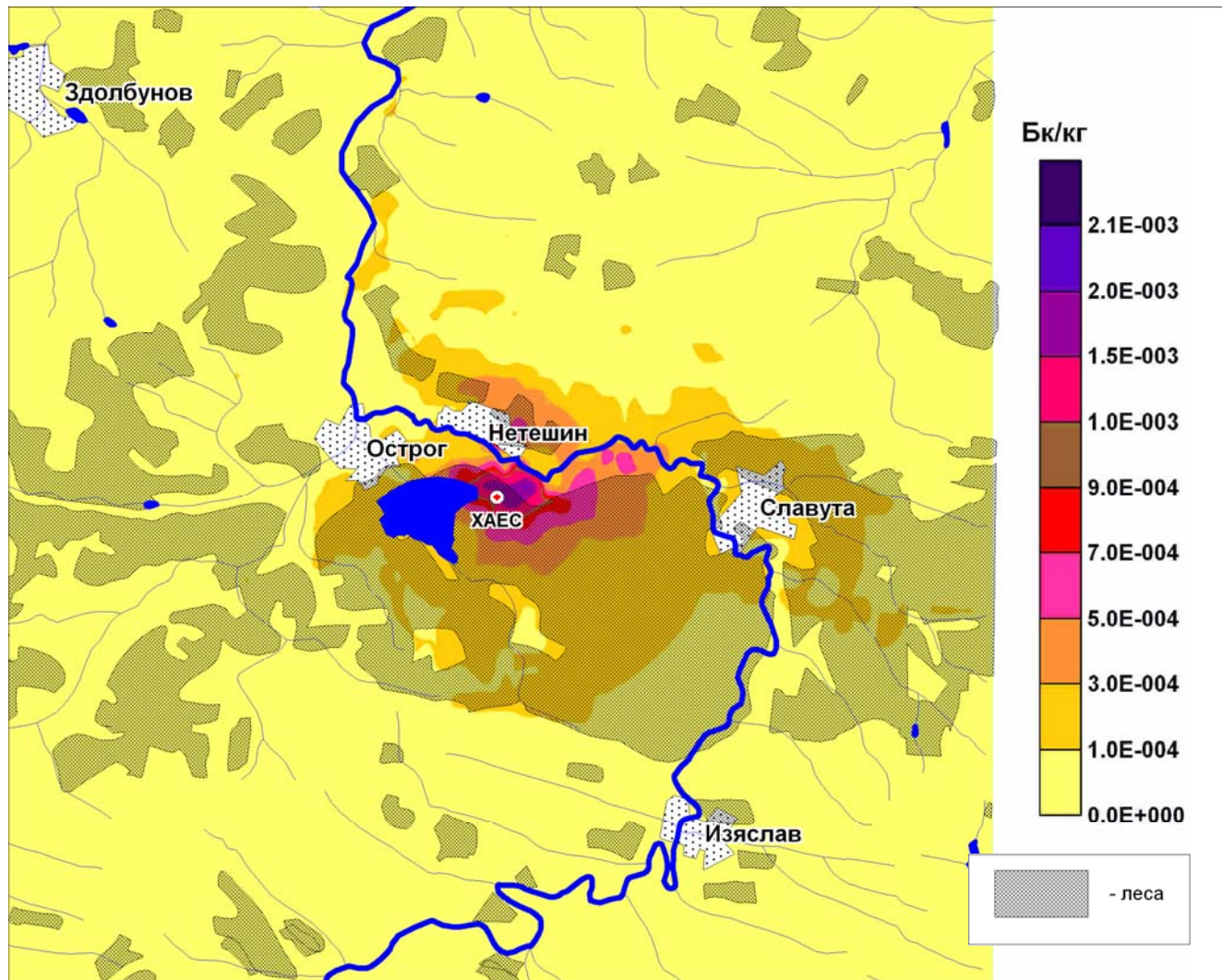


Рисунок 2.4 - Дополнительные максимальные уровни загрязнения грибов ^{137}Cs на территории ЗН ХАЭС (4 энергоблока)

2.3 Прогнозные оценки загрязнения сельскохозяйственной продукции при аварийных ситуациях

2.3.1 Максимальная проектная авария

При оценке загрязнения сельскохозяйственной продукции при МПА на энергоблоке ХАЭС использовалась следующая консервативная оценка для предоставленных данных по выбросам радионуклидов:

- расчеты проведены для аэрального загрязнения сельскохозяйственной продукции радионуклидом аварийного выброса на момент уборки урожая;
- при расчетах использована максимальная плотность загрязнения радионуклидами.

При оценке учитывалось снижение содержания радионуклидов в сельскохозяйственном продукте за счет переработки или кулинарной обработки (мойка, процесс приготовления хлеба из зерна и т.д.).

Полученные результаты (таблица 2.4) показали, что критическим продуктом, с точки зрения превышения допустимых уровней содержания радионуклидов, будут овощи. Удельная активность ^{131}I и ^{90}Sr в овощах на расстояниях до 30 км от станции может превышать нижние

Инв. № зам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

43-814.203.004.ОЭ.13.11

23

Изм. Кодуч. Лист Недок. Подп. Дата

уровни оправданности для принятия решения об изъятии данной продукции или ограничения ее потребления [13]. На расстояниях до 15 км от источника выброса возможно превышение установленных нормативов [14] по содержанию ^{137}Cs в листовых овощах (таблица 2.3).

Полученные результаты (таблица 2.4) показали, что критическим радионуклидом для хлебобулочной продукции будут долгоживущие радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr . Удельная активность ^{90}Sr в хлебобулочной продукции на расстояниях до 25 км от станции может превышать нижние уровни оправданности для принятия решения об изъятии данной продукции или ограничения ее потребления [13]. Во всем диапазоне рассмотренных расстояний возможно превышение установленных нормативов [14] по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr в этом продукте питания.

Удельная активность ^{131}I в молоке на расстояниях до 20 км от станции может превышать нижние уровни оправданности вмешательства [13]. На расстояниях до 10 км от источника возможно превышение установленных нормативов [14] по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr в этом продукте питания.

Удельная активность ^{131}I в мясе на расстояниях до 20 км от станции может превышать нижние уровни оправданности вмешательства [13]. На близких расстояниях от источника выброса возможно превышение установленных нормативов [14] по содержанию ^{137}Cs в мясе крупного рогатого скота.

Уровень радиоактивного загрязнения капусты и фруктов будет ниже установленных допустимых значений (таблица 2.3).

Следует подчеркнуть, что такому загрязнению сельскохозяйственной продукции будет подвергнута крайне ограниченная территория и причиненный ущерб за счет потери урожая будет незначителен. Кроме того, при более благоприятных погодных условиях при МПА и времени выброса радионуклидов до или после периода вегетации, загрязнение сельскохозяйственной продукции будет существенно ниже приведенных оценок. Например, спустя 10 дней после аэрального загрязнения растительности содержание в ней радиоактивных веществ за счет различных процессов не включающих радиоактивный распад (осыпание, смывание и др.) уменьшается на 70-90 %.

В случае несовпадения времени предполагаемой аварии и критическим временем вегетации (время вегетации растений, когда аэрального загрязнение радионуклидами приводит к максимальному загрязнению урожая) перед уборкой урожая загрязнение сельскохозяйственной продукции будет значительно ниже. Если время аварии не совпадает с периодом вегетации растений, то радионуклиды начнут загрязнять сельхозпродукцию только следующей весной. Основным механизмом их поступления в растения будет корневой путь загрязнения. За столь длительное время радионуклиды йода полностью распадутся. Радиологически значимыми, при таком сценарии МПА, на второй год после аварии могут быть только долгоживущие радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr . При оцененных плотностях загрязнения территории (плотность загрязнения на границе санитарно защитной зоны: ^{137}Cs – 3,7 кБк/м² и ^{90}Sr - 3 кБк/м², (часть 5) очень маловероятно превышение регламентированных уровней содержания радионуклидов во всех видах сельхозпродукции, которая может быть произведена в ближней зоне ХАЭС на второй год после аварии. Реальное загрязнение ^{137}Cs чернобыльского и глобального происхождения ближней зоны станции составляет около 3 кБк/м². Вся сельскохозяйственная продукция, произведенная на угодьях с такой плотностью загрязнения радиоцезием, соответствует ДУ-2006 с большим запасом.

Изм. № подл.

Подпись и дата

Изм. № подл.

Лист

24

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Изм. Кодуч. Лист № док. Подп. Дата

Таблица 2.3- Допустимые уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в продуктах питания населения ДУ-2006 [14] и нижние уровни оправданности ввода ограничений на потребление продукции согласно НРБУ-97 из-за высокого содержания ^{131}I , ^{137}Cs и ^{90}Sr [13], Бк/кг(л)

Продукт	ДУ-2006		НРБУ-97 ¹⁾		
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{131}I	^{137}Cs	^{90}Sr
Молоко, взрослые	100	20	400	100	20
Хлеб	20	5	-	-	-
Листовые овощи	40	20	-	-	-
Мясо	200	20	-	-	-
Капуста	40	20	-	-	-
Фрукты	70	10	-	-	-

Таблица 2.4 - Максимальное загрязнение сельскохозяйственной продукции радионуклидами (Бк/кг), произведенной на загрязненной в результате МПА территории, в зависимости от расстояния от источника выброса (км). Аэральное загрязнение

Радионуклид	Расстояние, км						
	2,7	4	6	10	15	20	25
Хлеб ²⁾							
^{131}I	7,4E+02	3,4E+02	1,6E+02	8,4E+01	5,1E+01	3,4E+01	2,5E+01
^{137}Cs	6,9E+02	3,5E+02	1,9E+02	1,1E+02	7,4E+01	5,0E+01	3,6E+01
^{90}Sr	5,5E+02	2,8E+02	1,5E+02	9,1E+01	6,0E+01	4,1E+01	2,9E+01
Молоко							
^{131}I	7,2E+03	3,3E+03	1,6E+03	8,2E+02	4,9E+02	3,3E+02	2,4E+02
^{137}Cs	4,9E+02	2,5E+02	1,4E+02	8,1E+01	5,3E+01	3,6E+01	2,6E+01
^{90}Sr	6,2E+01	3,1E+01	1,7E+01	1,0E+01	6,7E+00	4,5E+00	3,2E+00
Мясо							
^{131}I	6,4E+03	2,9E+03	1,4E+03	7,3E+02	4,4E+02	3,0E+02	2,2E+02
^{137}Cs	1,3E+03	6,7E+02	3,7E+02	2,2E+02	1,4E+02	9,6E+01	6,9E+01
^{90}Sr	1,8E+01	9,0E+00	4,9E+00	2,9E+00	1,9E+00	1,3E+00	9,3E-01
Листовые овощи							

¹⁾ Для немолочных продуктов питания уровни в два раза выше.

²⁾ Период времени между уборкой урожая и потреблением конечного продукта 30 суток

Инв. № инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Лист

25

Радионуклид	Расстояние, км						
	2,7	4	6	10	15	20	25
^{131}I	1,2E+04	5,5E+03	2,6E+03	1,4E+03	8,2E+02	5,5E+02	4,1E+02
^{137}Cs	9,6E+02	4,9E+02	2,7E+02	1,6E+02	1,0E+02	7,0E+01	5,0E+01
^{90}Sr	7,7E+02	3,9E+02	2,2E+02	1,3E+02	8,3E+01	5,7E+01	4,0E+01
Капуста							
^{131}I	4,0E+02	1,8E+02	8,8E+01	4,5E+01	2,7E+01	1,8E+01	1,4E+01
^{137}Cs	3,1E+01	1,6E+01	8,7E+00	5,2E+00	3,4E+00	2,3E+00	1,6E+00
^{90}Sr	2,5E+01	1,3E+01	7,0E+00	4,2E+00	2,7E+00	1,9E+00	1,3E+00
Фрукты (груши, яблоки)							
^{131}I	3,0E+02	1,4E+02	6,6E+01	3,4E+01	2,1E+01	1,4E+01	1,0E+01
^{137}Cs	2,4E+01	1,2E+01	6,5E+00	3,9E+00	2,5E+00	1,7E+00	1,2E+00
^{90}Sr	1,9E+01	9,6E+00	5,3E+00	3,1E+00	2,0E+00	1,4E+00	9,9E-01

2.3.2 Запроектная авария

Расчеты загрязнения сельскохозяйственной продукции при запроектной аварии произведены на основе максимальных значений плотности загрязнения основных долгоживущих радионуклидов выброса. Алгоритм расчетов такой же, как и в случае МПА (раздел 2.3.1).

Полученные результаты показали, что рассматриваемый сценарий ЗПА приводит на ранней фазе аварии к существенному аэральному загрязнению сельскохозяйственной продукции. Загрязнение йодом практически всех видов сельскохозяйственной продукции на расстоянии до 30 км по оси следа от источника выброса (таблица 2.5) может превысить установленные [13] безусловно оправданные уровни оправданности для принятия решения по изъятию, замене или ограничению употребления продуктов питания (таблица 2.3). После проведения радиационного мониторинга для уменьшения последствий могут быть применены неотложные контрмеры. Для ограничения поступления радиойода в организм человека с продуктами питания может быть целесообразен перевод крупного рогатого скота на стойловое содержание и введение запрета на уборку урожая. Однако следует подчеркнуть, что такому загрязнению сельскохозяйственной продукции будет подвергнута крайне ограниченная территория и причиненный ущерб за счет потери урожая будет незначителен. Во всем диапазоне рассмотренных расстояний от источника выброса возможно также превышение допустимых уровней [14] загрязнения основной сельскохозяйственной продукции (хлеб, молоко, мясо, листовые овощи) ^{137}Cs . Удельная активность этого радионуклида в мясе и листовых овощах на расстоянии до 30 км от источника выброса может превысить безусловно оправданные уровни вмешательства [13]. Для ^{90}Sr критическими продуктами являются хлеб и листовые овощи. В этих продуктах удельная активность ^{90}Sr может превышать допустимые уровни [14] во всем диапазоне рассмотренных расстояний.

Инв. № инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

43-814.203.004.ОЭ.13.11

26

Изм. Колуч. Лист № док. Подп. Дата

В случае несовпадения времени предполагаемой аварии и критическим временем вегетации (время вегетации растений, когда аэральное загрязнение радионуклидами приводит к максимальному загрязнению урожая) перед уборкой урожая загрязнение сельскохозяйственной продукции будет значительно ниже. Если время аварии не совпадает с периодом вегетации растений то радионуклиды начнут загрязнять сельхозпродукцию только следующей весной. Основным механизмом их поступления в растения будет корневой путь загрязнения. За столь длительное время радионуклиды йода полностью распадутся. Радиологически значимыми, при таком сценарии ЗПА, на второй год после аварии могут быть только долгоживущие радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr . При оцененных плотностях загрязнения территории (плотность загрязнения на расстоянии 2,7 км от блока: ^{137}Cs - 72 кБк/м² и ^{90}Sr – 7 кБк/м², см. часть 5) маловероятно превышение регламентированных уровней содержания радионуклидов во всех видах сельхозпродукции, которая может быть произведена в ближней зоне ХАЭС на второй год после аварии. Хотя содержание ^{137}Cs в критической продукции (молока и мяса), произведенной на органогенных переувлажненных почвах, может превышать допустимые уровни [14]. Картина может быть уточнена только по реальным экспериментальным данным, полученным на поздней стадии аварии.

Реальное загрязнение ^{137}Cs чернобыльского и глобального происхождения ближней зоны станции составляет около 3 кБк/м². Вся сельскохозяйственная продукция, произведенная на угодьях с такой плотностью загрязнения радиоцезием, соответствует ДУ-2006 с большим запасом.

Таблица 2.5 - Максимальное загрязнение сельскохозяйственной продукции радионуклидами (Бк/кг), произведенной на загрязненной в результате ЗПА территории, в зависимости от расстояния от источника выброса (км). Аэральное загрязнение

Радионуклид	Расстояние, км						
	2,7	4	6	10	15	20	25
Хлеб ¹⁾							
^{131}I	7,3E+04	3,3E+04	1,6E+04	8,3E+03	5,0E+03	3,4E+03	2,5E+03
^{137}Cs	1,3E+04	6,8E+03	3,7E+03	2,2E+03	1,4E+03	9,8E+02	7,0E+02
^{90}Sr	1,2E+03	6,2E+02	3,4E+02	2,0E+02	1,3E+02	9,1E+01	6,3E+01
Молоко							
^{131}I	7,0E+05	3,2E+05	1,5E+05	8,0E+04	4,8E+04	3,3E+04	2,4E+04
^{137}Cs	9,7E+03	4,9E+03	2,7E+03	1,6E+03	1,0E+03	7,1E+02	5,0E+02
^{90}Sr	1,4E+02	6,9E+01	3,8E+01	2,3E+01	1,5E+01	1,0E+01	7,1E+00
Мясо							
^{131}I	6,2E+05	2,9E+05	1,4E+05	7,1E+04	4,3E+04	2,9E+04	2,1E+04
^{137}Cs	2,6E+04	1,3E+04	7,2E+03	4,2E+03	2,8E+03	1,9E+03	1,3E+03
^{90}Sr	3,9E+01	2,0E+01	1,1E+01	6,5E+00	4,3E+00	2,9E+00	2,0E+00

¹⁾ Период времени между уборкой урожая и потреблением конечного продукта 30 суток

Инв. № зам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Лист

27

Радионуклид	Расстояние, км						
	2,7	4	6	10	15	20	25
Листовые овощи							
^{131}I	1,2E+06	5,4E+05	2,6E+05	1,3E+05	8,1E+04	5,4E+04	4,0E+04
^{137}Cs	1,6E+04	8,1E+03	4,5E+03	2,6E+03	1,7E+03	1,2E+03	8,4E+02
^{90}Sr	1,5E+03	7,4E+02	4,1E+02	2,4E+02	1,6E+02	1,1E+02	7,6E+01
Капуста							
^{131}I	3,9E+04	1,8E+04	8,5E+03	4,4E+03	2,7E+03	1,8E+03	1,3E+03
^{137}Cs	6,1E+02	3,1E+02	1,7E+02	1,0E+02	6,6E+01	4,5E+01	3,2E+01
^{90}Sr	5,6E+01	2,8E+01	1,6E+01	9,3E+00	6,1E+00	4,2E+00	2,9E+00
Фрукты (груши, яблоки)							
^{131}I	2,9E+04	1,3E+04	6,4E+03	3,3E+03	2,0E+03	1,4E+03	1,0E+03
^{137}Cs	4,6E+02	2,3E+02	1,3E+02	7,6E+01	4,9E+01	3,4E+01	2,4E+01
^{90}Sr	4,2E+01	2,1E+01	1,2E+01	7,0E+00	4,6E+00	3,1E+00	2,2E+00

Инв. № подл.	
Подпись и дата	
Взам. инв. №	

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Лист

28

3 ОЦЕНКА ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК НА КРИТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ АГРОЭКОСИСТЕМ И НАСЕЛЕНИЕ ПРИ НУЭ, МПА И ЗПА

3.1 Оценка дозовых нагрузок на критические компоненты агроэкосистем и возможных эффектов при нормальных условиях эксплуатации и проектных авариях

3.1.1 Воздействие ионизирующего излучения на компоненты экосистем

Данные относительно воздействия ионизирующего излучения на компоненты экосистем достаточно разнородны, что легко объяснимо, учитывая как разнообразие растительного мира и, соответственно, объектов исследований различных авторов, так и разнообразие условий облучения (фаза развития растения, вид излучения, особенности экспозиции и т.д.). Так, для зерновых сельскохозяйственных культур (пшеница, рожь, ячмень) облучение в одинаковых дозах на различных фазах развития приводило к весьма различной тяжести проявления эффекта (в данном случае в качестве критерия проявления эффекта бралось снижение урожая зерна) [9]. Как видно из полученных результатов (таблица 3.1), наибольшей чувствительностью растения обладают на первом периоде вегетации.

Таблица 3.1 - Снижение урожая зерна озимыми зерновыми культурами при внешнем γ -облучении растений в разные фазы развития растений, % к необлученному контролю [9]

Фаза развития	Доза облучения, Гр		
	10	20	30
Кущение	5	25	55
Выход в трубку	25	55	80
Колошение	15	20	28
Цветение	8	13	21
Молочная спелость	5	7	9
Полная спелость	0	0	0

Подобная зависимость проявляется и при облучении зерновых культур γ - и β -частицами (таблица 3.2).

Семенной материал, полученный с растений, подвергшихся облучению в дозе более 20 Гр перед фазой цветения или в период цветения, будет непригоден для посева из-за сильного снижения урожая или значительных потерь всхожести семян (таблица 3.3).

Влияние длительности облучения (что, при одинаковой дозе выражается как влияние величины мощности дозы) определялось при внешнем облучении растений в период от всходов до цветения по величине дозы, вызывающей снижение урожая на 50 % [9]. К сожалению, полученные данные (таблица 3.4) не могут быть корректно сравнены с, касающимися острого облучения растений, однако, в целом, проявляется тенденция к увеличению резистентности растений при пролонгации периода облучения.

Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №
--------------	----------------	--------------

Изм.	Кодуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
------	--------	------	--------	-------	------

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Лист

29

Таблица 3.2 - Вероятные потери урожая зерновых колосовых культур при воздействии ионизирующих излучений, % [9]

Суммарная доза β- и γ-излучения, Гр	Фаза развития растений в период облучения				
	Кущение	Выход в трубку	Цветение	Молочная спелость	Восковая спелость
1	0	10	0	0	0
2	0	25	10	0	0
3	0	45	15	0	0
4	0	65	20	0	0
6	5	80	30	5	0
8	10	90	40	10	0
10	15	100	60	15	0
20	20	100	80	20	0

Таблица 3.3 - Дозы облучения вегетирующих растений, выше которых полученные семена будут непригодны для посева (полевая всхожесть < 50 %) [9]

Культура	Фаза развития растений в период облучения	Суммарная доза β- и γ-излучения, Гр
Зерновые озимые (рожь, пшеница)	Выход в трубку, колошение, цветение	25
	Всходы, кущение	10
Зерновые яровые (пшеница, ячмень)	Цветение	25
	Всходы, кущение, выход в трубку, колошение	70
Кукуруза	Выметывание метелки, цветение	70
Горох	Всходы, бутонизация, цветение	235
	Созревание	200

Таблица 3.4 - Дозы внешнего облучения растений, вызывающие 50 % снижение урожая [9]

Культура	Доза, Гр
Горох, озимая рожь	20
Пшеница, ячмень, овес, подсолнечник	30
Гречиха, просо, томаты	50
Лен	100
Картофель	150

Инв. № инв. Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

43-814.203.004.ОЭ.13.11

30

Изм. Колуч. Лист № док. Подп. Дата

Культура	Доза, Гр
Сахарная свекла, турнепс	200
Капуста, морковь, столовая свекла	250

В цитируемой работе [9] содержатся также данные относительно влияния вида излучения на формирование дозовых нагрузок и проявление эффектов облучения. Так, указывается, что при радиоактивном загрязнении территории в поражении сельскохозяйственных растений главную роль играет не γ -излучение, а β -частицы. В зависимости от вида и возраста растений и радионуклидного состава выпадений вклад β -частиц в суммарную дозу может существенно превышать вклад γ -излучения. Это связано в первую очередь с тем, что дозовые нагрузки на растения формируются не только от радионуклидов, осевших на почву, но в большей степени за счет радионуклидов, осевших на поверхности растений. Характеристики некорневого загрязнения растений при выпадениях РВ приводятся в [8] (таблица 3.5).

В целом, в цитируемом источнике [8] на основании собственных данных авторов и широкого обзора литературы делается вывод, что для большинства вегетирующих сельскохозяйственных культур критическая доза составляет от 10 до 50 Гр, летальная от 50 до 100 Гр. Соответствующие дозы при облучении семян оцениваются в 300-500 Гр.

Данные, полученные при кратковременном (от 8 до 30 дней) облучении различных растительных сообществ, иллюстрируют широкую вариабельность их радиочувствительности (таблица 3.6).

Согласно [1], в терминах 50 % снижения урожая большинство сельскохозяйственных зерновых культур на ранних стадиях развития может быть охарактеризовано величиной дозы от 4 до 16 Гр, на последующих стадиях от 20 до 60 Гр (за исключением риса, для которого указанные дозы составляют 75 и 160 Гр соответственно). Корнеплоды менее радиочувствительные: доза, вызывающая половинное снижение урожая, составляет, например, 14 Гр для лука, 90 Гр для редиса. Масляные зерновые культуры также достаточно резистентные (от 120 до 160 Гр), а наименее чувствительными являются пастбищные и фуражные культуры (от 150 до 230 Гр).

Таким образом, изложенные данные дают представление об уровне доз, вызывающих поражения агроэкосистем.

Таблица 3.5 - Средние значения "воздушного" коэффициента пропорциональности при разовом загрязнении посевов водорастворимыми формами соединений радионуклидов, 10^{-3} (Бк/кг)/(Бк/м²) [8]

Продукция	^{89,90} Sr	^{103,106} Ru	¹³⁷ Cs	^{141,144} Ce
Загрязнение в период интенсивного развития биомассы				
Пшеница (зерно)	2,6	0,19	1,0	0,22
Картофель	0,6	0,23	0,17	0,41
Кукуруза на силос	3,4	-	-	-
Свекла (корнеплоды)	1,6	-	0,09	-
Огурцы (плоды)	0,2	-	0,3	0,7

Инв. № зам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

43-814.203.004.ОЭ.13.11

31

Изм. Кодуч. Лист № док. Подп. Дата

Продукция	^{89,90} Sr	^{103,106} Ru	¹³⁷ Cs	^{141,144} Ce
Капуста (кочаны)	1,1	-	0,7	1,5
Загрязнение в период созревания и спелости				
Пшеница (зерно)	40	4,3	1,9	5,4
Картофель	0,08	0,12	0,06	0,11
Кукуруза на силос	24	-	-	-
Свекла (корнеплоды)	1,2	-	3,9	0,3
Огурцы (плоды)	1,7	-	6,8	0,3
Капуста (кочаны)	0,9	-	4,2	0,4

Таблица 3.6 - Зависимость эффекта от дозы, поглощенной различными растительными сообществами [15]

Растительное сообщество	Диапазон доз, Гр		
	Слабые эффекты	Средние эффекты	Тяжелые эффекты
Хвойный лес	1-10	10-20	>20
Лиственный лес	10-100	50-350	>100
Кустарник	10-50	50-200	>200
Дождевой тропический лес	40-100	100-400	>400
Старопахотные земли	30-100	100-1000	>1000
Травяной подлесок	200-400	400-600	>600
Луг	80-100	100-1000	>1000
Мох	100-1000	500-5000	>2000

3.1.2 Расчет дозовых нагрузок на агроэкосистемы

Дозы компоненты на агроэкосистем (как и на любые объекты окружающей среды) могут быть разделены на две категории. Дозы *внешнего* облучения накапливаются за счет поглощения объектом энергии излучения радионуклидов, локализованных вне самого объекта. В качестве примеров внешнего облучения могут быть приведены облучение от радионуклидов, содержащихся на поверхности почвы или в ее профиле и облучение от радионуклидов, содержащихся в воздухе. Дозы *внутреннего* облучения обусловлены поглощением энергии, излученной внутри самого объекта (например, радионуклидами, содержащимися в объеме растения или его органа).

В зависимости от режима работы энергоблока, внешнее и внутреннее облучение будут давать различный вклад в формирование суммарных дозовых нагрузок на растения (таблица 3.7).

Изм.	Кодуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	43-814.203.004.ОЭ.13.11	Лист
							32

Таблица 3.7- **Формирование суммарных дозовых нагрузок на растения при различных режимах работы энергоблока**

Вид облучения	Режим нормальной работы	Режим аварии
Внешнее облучение	От почвы и, в меньшей мере, от радионуклидов в воздухе. Обусловлено в основном естественными радионуклидами	От радиоактивного облака, от аэралью загрязненной растительности, от почвы
Внутреннее облучение	Незначительно при отсутствии высоких уровней загрязнения почвы	Может достигать значительных величин при корневом загрязнении растительности

При нормальной работе в качестве входных параметров расчетов могут быть приняты удельная концентрация радионуклидов в растениях и мощность экспозиционной дозы. Прогноз дозовых нагрузок для аварийной ситуации значительно более сложен. Если в данном случае расчет базируется только на ожидаемой плотности загрязнения территории, то ряд факторов будет вносить добавочную неопределенность. Прежде всего, таким фактором является отношение вклада аэрального загрязнения растительности в общее значение плотности загрязнения. После начального загрязнения радионуклиды перераспределяются по профилю растительности под действием ветра, осадков, роста растений, а также мигрируют вглубь почвы, причем в общем случае как скорость очищения растительности, так и темп миграции являются неизвестными величинами. Далее, даже при полном очищении растительности мощность поглощенных доз от внешнего облучения может значительно варьировать в зависимости от микрорельефа местности.

3.1.2.1 Расчет доз внешнего облучения от почвы

Согласно [16], для внешнего облучения растений от почвы при нормальной работе энергоблока может быть принято приближенное равенство

$$\dot{D} = s \cdot g \cdot K_a, \quad (3.1)$$

где \dot{D} , K_a - мощности поглощенной дозы и кермы в воздухе, выраженные в одинаковых единицах (например, Гр/с). Значения кермы для различных радионуклидов являются справочным материалом [17, 18];

s , g - коэффициенты. Значение первого из них берется 1, в то время как g (геометрический фактор) может варьировать от 1 для γ -излучения и высокоэнергетических β -частиц до 0 для низкоэнергетических β -частиц, которые не могут проникнуть в биологической ткани на глубину 0,1 мм.

Легко видеть, что выражение (3.1) справедливо для условий радиационного равновесия в воздухе. Не принимаются во внимание возможные эффекты самоэкранирования и т.д. Поэтому рассчитанное значение мощности дозы будет представлять собой консервативную оценку. Влияние микрорельефа выражается в терминах коэффициента экранировки, значение которого равно около 0,8 для ровного целинного участка и изменяется в пределах от 0,45 до 0,6 для пашни.

В принципе, выражение (3.1) применимо для расчета облучения от почвы как при нормальной работе, так и при аварийной ситуации на энергоблоке. Однако при нормальной работе целесообразно использовать результаты измерений мощностей поглощенной дозы на местности, в то время как в условиях аварии на первый план выходит прогнозирование уровней

загрязнения территории. Тогда значения мощности поглощенной дозы может быть рассчитано с использованием справочного материала относительно дозиметрических функций радионуклидов в геометрии бесконечной плоскости [18, 21].

3.1.2.2 Расчет доз от радионуклидов в воздухе

Если внешнее облучение вызвано присутствием радионуклидов в облаке (например, для случая прохождения радиоактивного облака или от постоянного выброса при нормальной работе реактора), выражение (3.1) для мощности дозы может быть переписано в терминах концентрации радионуклидов в приземном слое атмосферы C_a (Бк м⁻³)

$$\dot{D} = s \cdot g \cdot w \cdot E \cdot C_a / \rho_a, \quad (3.2)$$

где w – выход данного вида излучения на распад;

ρ_a – плотность воздуха, 1,3 кг м⁻³;

E – энергия на распад, Дж.

При аварийной ситуации большой вклад в формирование дозы внешнего облучения может давать прохождение радиоактивного облака. Для радионуклидов инертных газов в облаке, в отличие от радионуклидов йода или цезия, несущественным является их возможное оседание/усвоение растениями. Таким образом, они формируют исключительно внешнее облучение. Соответствующие дозовые нагрузки могут быть рассчитаны с использованием следующих дозовых коэффициентов (таблица 3.8):

3.1.2.3 Расчет доз от аэралью загрязненной растительности

При аэралью загрязнении растений на их поверхности содержится некоторое количество радионуклидов, излучение которых, строго говоря, является внешним по отношению к растению. Расчет доз в данном случае представляет собой крайне сложную задачу и вовлекает в рассмотрение ряд параметров, обычно не измеряемых на практике. Поэтому, с учетом достаточно короткого времени существования аэралью загрязнения (1-2 месяца) при разовых (кратковременных) выпадениях на протяжении вегетативного сезона по сравнению с последующим временем формирования дозовых нагрузок в основном за счет внешнего излучения радионуклидов от почвы, целесообразной, по нашему мнению, была бы консервативная оценка дозы с использованием простого подхода.

Аэралью загрязнение характеризуется двумя параметрами – коэффициентом первичного удержания f_0 , представляющим собой вклад аэралью загрязнение растительности в суммарное загрязнение территории S в результате разового выпадения, и константой скорости полураспада растительности λ_a . Таким образом, величина аэралью загрязнение в некоторый момент t после выпадения представлена ниже (с учетом радиоактивного распада со скоростью λ).

Таблица 3.8- Дозовые нагрузки на растительность от радионуклидов инертных газов в воздухе [16]

Радионуклид	Вид излучения	Мощность дозы на единицу концентрации в воздухе, 10 ⁻¹² (Гр·ч ⁻¹) (Бк·м ⁻³) ⁻¹	
		По видам излучения	Суммарная
⁴¹ Ar	β	110	690

Изм. № подл.

Подпись и дата

Изм. № подл.

Лист

43-814.203.004.ОЭ.13.11

34

Радионуклид	Вид излучения	Мощность дозы на единицу концентрации в воздухе, $10^{-12} \text{ (Гр}\cdot\text{ч}^{-1}) \text{ (Бк}\cdot\text{м}^{-3})^{-1}$	
		По видам излучения	Суммарная
	γ	580	
^{85m}Kr	β	36	108
	γ	72	
^{85}Kr	β	40	40
^{87}Kr	β	540	900
	γ	360	
$^{88}\text{Kr}^*$	β	250	1200
	γ	950	
^{131m}Xe	γ	18	18
^{133m}Xe	γ	30	30
^{133}Xe	β	2	23
	γ	21	
^{135m}Xe	γ	190	190
^{135}Xe	β	54	164
	γ	110	
$^{138}\text{Xe}^*$	β	360	1170
	γ	810	

* Учтены дочерние радионуклиды

$$A(t) = S \cdot f_0 \cdot \exp(-(\lambda_a + \lambda) \cdot t) \quad , \quad (3.3)$$

где $A(t)$ выражено, как и S , в единицах активности на площадь, $\text{Бк}\cdot\text{м}^{-2}$.

Деление $A(t)$ на количество фитомассы на единицу площади P ($\text{кг}\cdot\text{м}^{-2}$) дает величину удельного аэрального загрязнения C_{Pa} , по смыслу близкую к удельной активности радионуклида в материале растения

$$C_{Pa}(t) = S \cdot f_0 / P \cdot \exp(-(\lambda_a + \lambda) \cdot t) \quad , \quad (3.4)$$

Учитывая сравнительно короткие величины пробега α - и низкоэнергетических β -частиц, можно предположить, что вся энергия таких частиц, излучаемых с поверхности органа растения, будет поглощаться либо в ткани данного органа, либо в прилегающем слое воздуха, либо в близлежащих органах этого же растения. Тогда для оценки мощности внешнего облучения от аэрального загрязнения для данных видов излучения может быть использовано следующее выражение:

Инв. № зам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

43-814.203.004.ОЭ.13.11

35

Изм. Колуч. Лист № док. Подп. Дата

$$\dot{D}(t) = w \cdot k \cdot E \cdot C_{pa}(t), \quad (3.5)$$

где k – фракция излучения, которая поглощается в материале растения.

Значение k в общем случае меньше 1 (часть излучения поглощается в воздухе). Для случая абсолютно плоской поверхности значение близко к 0,5. В принципе диапазон 0,5-1 представляется достаточно обоснованным средним диапазоном вариации данного коэффициента. Для получения консервативной оценки данное значение может быть положено равным 1.

В то же время для высокоэнергетического β -излучения и для γ -излучения более логично предположить, что такое излучение более равномерно распределяется в слое фитомассы агроэкосистемы. Пренебрегая выходом излучения за пределы данного слоя, получим консервативную оценку. Таким образом, для данного случая существующее аэральное загрязнение может быть интерпретировано как равномерное загрязнение приземного воздушного слоя, соответствующего высоте растений h , м. Объемная концентрация радионуклидов может быть представлена, используя (3.2), как

$$C_a(t) = A(t)/h, \quad (3.6)$$

а соответствующая величина мощности дозы

$$\dot{D} = s \cdot g \cdot w \cdot E \cdot A(t) / (\rho_a \cdot h), \quad (3.7)$$

3.1.2.4 Расчет доз внутреннего облучения

Для оценки мощности дозы от внутреннего облучения ($\text{Гр} \cdot \text{с}^{-1}$) при известной удельной активности радионуклида в материале растения C_p ($\text{Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$) может быть применено следующее выражение

$$\dot{D} = \phi \cdot w \cdot E \cdot C_p, \quad (3.8)$$

где ϕ - фракция излученной при распаде энергии, которая поглощается в биологической ткани. Значение данного коэффициента для α -излучения равно 1. В то же время, для высокоэнергетических электронов и гамма-излучения коэффициент существенно снижается. Тем не менее, несмотря на все оговорки относительно выхода излучения за пределы органов растений, для широкого диапазона энергий α -, β - и γ -излучения принимается, как консервативная оценка, $\phi=1$ [16]. В этом случае выражение (3.6) может быть трансформировано в

$$\dot{D} = 0.576 \cdot E_{eff} \cdot C_p, \quad (3.9)$$

где мощность дозы выражается в $\text{нГр} \cdot \text{ч}^{-1}$, а E_{eff} представляет собой эффективную энергию на распад, выраженную в МэВ.

При неизвестном значении C_p (например, при аварийной ситуации), для критического органа растения – верхушечной меристемы - оно может быть рассчитано, согласно [1], используя выражение

$$C_p = C \cdot \text{КН} \cdot \text{К}_M, \quad (3.10)$$

где C – концентрация радионуклида в почве, $\text{Бк}/\text{кг}$;

КН – коэффициент накопления радионуклида данным видом растений;

Инв. № зам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

K_M – относительное содержание радионуклида в верхушечной меристеме по сравнению с растением в целом.

При этом возможно завышение величины C_p за счет того, что величина КН рассчитывается, как правило, на конец периода вегетации, в то время, как в реальных условиях, во-первых, собственно радиоактивное выпадение может произойти в любое время как на протяжении периода вегетации, так и в оставшуюся часть года, и, во-вторых, даже при выпадении в начале периода вегетации C_p к его окончанию может не достичь расчетного значения, поскольку необходим определенный период времени для выпадения на почву радиоактивности, первично отложившейся на фитомассе растений [1, 8, 9]. Таким образом, без учета данных моментов выражение (3.8) и соответственно, выражения (3.6) и (3.7) будут давать завышенную (консервативную) оценку. Кроме того, величина КН может существенно зависеть от вида выпадений, ярким примером чего может быть различие КН для конденсационной и топливной компонент Чернобыльских выпадений.

3.1.3 Дозовые нагрузки на критические компоненты агроэкосистем и возможных эффектов при нормальных условиях эксплуатации и аварийных ситуациях

В соответствии с вышеприведенной методологией и на основании полученных данных по максимальной плотности загрязнения территории радионуклидами, концентрации их в воздухе, и загрязнении растительности, были проведены расчеты доз и мощностей доз от различных источников облучения. Методология расчетов для МПА и ЗПА одинакова, поскольку исходными данными являются концентрации радионуклидов в окружающей среде. Дозы прямо пропорциональны активности.

В таблицах 3.9 - 3.11 приведены консервативные оценки величин, которые характеризуют дозовые нагрузки на растительность при МПА. На оси следа выпадений доза на растительность за первые сутки от радионуклидов, осевших на почву, уменьшается с расстоянием от 0,3 мГр (0,4 км) до $6 \cdot 10^{-4}$ мГр на границе ЗН (таблица 3.9). В формировании дозы основную роль играет аэральное загрязнение растительности (таблица 3.10). Поскольку после выпадения радионуклидов значительная их часть задерживается на растительности и из-за обусловленного этим увеличения вклада β -излучения в формирование доз внешнего облучения, мощности доз от аэрального загрязнения растительности в первый послеаварийный период будут превышать мощности доз от загрязнения почвы (таблицы 3.10). Приведена консервативная оценка, которая, в принципе, не может существенно превышать истинные величины мощностей доз для β -излучения, в то время как вклад γ -излучения может быть значительно завышен. Доза за первые сутки после аварии по этому пути воздействия на границе СЗЗ может составить несколько мГр. За счет облучения от облака дозы на растительность значительно меньше (таблица 3.11). На ранней стадии аварии (МПА) основной вклад в дозу на растительность будут давать ^{95}Nb , ^{140}La , ^{95}Zr и изотопы йода и доза будет формироваться за счет аэрального загрязнения. Максимальная годовая доза на растительность при МПА может составить на границе СЗЗ несколько десятков мГр.

В таблицах 3.12 - 3.14 приведены консервативные оценки величин, которые характеризуют дозовые нагрузки на растительность при ЗПА. На оси следа выпадений доза на растительность за первые сутки от радионуклидов, осевших на почву, уменьшается с расстоянием от 16 мГр (0,4 км) до 0,01 мГр на границе ЗН (таблица 3.12).

Также как и для МПА, в формировании дозы основную роль играет аэральное загрязнение растительности (таблица 3.13). Доза за первые сутки после аварии по этому пути воздействия на границе СЗЗ может составить несколько десятков мГр. Инертные

Изм.	Кодуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Индв. № подл.	Подпись и дата	Индв. №	Взам. инв. №	43-814.203.004.ОЭ.13.11	Лист
											37

радиоактивные газы будут давать основной вклад в формирование дозы внешнего облучения на органы растений при прохождении радиоактивного облака (таблицы 3.14). На ранней стадии аварии (МПА) основной вклад в дозу на растительность будут давать изотопы йода и доза будет формироваться за счет аэрального загрязнения. Максимальная годовая доза на растительность при ЗПА может составить на границе СЗЗ около одного Гр. Внутри СЗЗ, на близких расстояниях от источника выброса эта доза может достигать нескольких десятков Грей.

В целом, следует отметить, что согласно приведенным результатам расчетов, в качестве основных дозообразующих радионуклидов можно рассматривать короткоживущие радионуклиды. С учетом этого можно утверждать, что суммарные годовые дозы облучения агроэкосистем как при нормальной работе энергоблока, так и при рассматриваемых авариях за пределами СЗЗ не должны достичь уровней доз, приводимых в разделе 3.1.1 и вызывающих возникновение обнаруживаемых негативных эффектов.

Кроме того, для оценки воздействия ионизирующего излучения на экосистемы можно использовать постулат, принятый Международной комиссией по радиационной защите и лежащий в основе концепции радиационной защиты с экологической точки зрения (т.е. защиты живых организмов всех видов, а не только человека), согласно которому, если обеспечен уровень защиты всех людей, этого, по-видимому, будет достаточно для защиты организмов других видов, хотя и не обязательно отдельных особей видов. Общая задача мер, принимаемых в целях охраны окружающей среды, состоит в охране экосистем от радиационного облучения, которое имело бы пагубные последствия для популяций того или иного вида (в отличие от отдельных организмов).

Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кодуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	43-814.203.004.ОЭ.13.11	Лист
							38

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	
Колуч	
Лист	
№блок.	
Подп.	
Дата	

Таблица 3.9 - Дозы на растительность за первые сутки, P_n (мГр·сут⁻¹), создаваемая излучением радионуклидов, осевших на почву на оси следа (МПА, на момент прохождения облака)

Радионуклид	Расстояние, км										
	0,4	1	1,5	2,7	4	6	10	15	20	25	30
⁹⁵ Nb	8,10E-02	2,93E-02	1,67E-02	6,82E-03	3,59E-03	1,81E-03	9,96E-04	5,88E-04	3,84E-04	2,62E-04	1,87E-04
¹⁴⁰ La	6,85E-02	2,48E-02	1,42E-02	5,76E-03	3,03E-03	1,53E-03	8,34E-04	4,90E-04	3,19E-04	2,17E-04	1,53E-04
⁹⁵ Zr	4,88E-02	1,76E-02	1,01E-02	4,11E-03	2,16E-03	1,09E-03	6,00E-04	3,54E-04	2,31E-04	1,58E-04	1,12E-04
¹³¹ I	2,68E-02	8,76E-03	4,69E-03	1,70E-03	8,18E-04	3,75E-04	1,79E-04	9,27E-05	5,61E-05	3,78E-05	2,78E-05
¹³³ I	2,39E-02	7,77E-03	4,15E-03	1,49E-03	7,12E-04	3,20E-04	1,48E-04	7,38E-05	4,34E-05	2,82E-05	1,96E-05
¹³² I	1,40E-02	4,47E-03	2,37E-03	8,51E-04	4,13E-04	1,91E-04	9,84E-05	5,78E-05	3,87E-05	2,73E-05	1,98E-05
¹³⁵ I	1,15E-02	3,70E-03	1,95E-03	6,85E-04	3,22E-04	1,38E-04	5,87E-05	2,69E-05	1,47E-05	8,93E-06	5,36E-06
¹⁰³ Ru	1,07E-02	3,87E-03	2,21E-03	8,98E-04	4,74E-04	2,39E-04	1,31E-04	7,73E-05	5,06E-05	3,46E-05	2,45E-05
¹³⁴ Cs	8,59E-03	3,11E-03	1,77E-03	7,24E-04	3,81E-04	1,93E-04	1,06E-04	6,24E-05	4,08E-05	2,78E-05	1,99E-05
¹³⁷ Cs	1,96E-03	7,43E-04	4,25E-04	1,73E-04	9,10E-05	4,60E-05	2,53E-05	1,50E-05	9,75E-06	6,64E-06	4,74E-06
Сумма	2,96E-01	1,04E-01	5,86E-02	2,32E-02	1,20E-02	5,93E-03	3,18E-03	1,84E-03	1,19E-03	8,08E-04	5,74E-04

43-814.203.004.09.13.11

43-814.203.004.09.13.11_изм.3

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	
Колуч	
Лист	
№ док.	
Подп.	
Дата	

Таблица 3.10 - Дозы на растительность за первые сутки, P_a (мГр·сут⁻¹), обусловленная ее аэральным загрязнением (МПА, на момент прохождения облака, ось следа)

Радионуклид	Расстояние, км										
	0,4	1	1,5	2,7	4	6	10	15	20	25	30
⁹⁵ Nb	5,41E+00	1,96E+00	1,12E+00	4,56E-01	2,40E-01	1,21E-01	6,66E-02	3,93E-02	2,57E-02	1,75E-02	1,25E-02
¹⁴⁰ La	4,45E+00	1,61E+00	9,19E-01	3,74E-01	1,97E-01	9,90E-02	5,41E-02	3,18E-02	2,07E-02	1,41E-02	9,93E-03
⁹⁵ Zr	2,70E+00	9,77E-01	5,58E-01	2,27E-01	1,20E-01	6,04E-02	3,32E-02	1,96E-02	1,28E-02	8,73E-03	6,22E-03
¹³¹ I	2,38E+00	7,75E-01	4,15E-01	1,50E-01	7,25E-02	3,32E-02	1,59E-02	8,21E-03	4,97E-03	3,34E-03	2,46E-03
¹³³ I	2,39E+00	7,76E-01	4,14E-01	1,48E-01	7,11E-02	3,19E-02	1,47E-02	7,37E-03	4,33E-03	2,82E-03	1,96E-03
¹⁰³ Ru	7,76E-01	2,81E-01	1,61E-01	6,53E-02	3,45E-02	1,74E-02	9,54E-03	5,63E-03	3,68E-03	2,52E-03	1,78E-03
¹³² I	1,07E+00	3,42E-01	1,82E-01	6,51E-02	3,16E-02	1,47E-02	7,53E-03	4,42E-03	2,96E-03	2,09E-03	1,52E-03
¹³⁵ I	9,61E-01	3,09E-01	1,63E-01	5,71E-02	2,68E-02	1,15E-02	4,89E-03	2,24E-03	1,23E-03	7,45E-04	4,47E-04
¹³⁴ Cs	5,74E-01	2,08E-01	1,18E-01	4,84E-02	2,54E-02	1,29E-02	7,07E-03	4,17E-03	2,73E-03	1,86E-03	1,33E-03
⁸⁸ Rb	9,63E-02	6,45E-02	4,70E-02	2,52E-02	1,46E-02	7,64E-03	3,91E-03	2,11E-03	1,32E-03	8,64E-04	4,64E-04
¹³⁷ Cs	2,51E-01	9,08E-02	5,17E-02	2,11E-02	1,11E-02	5,63E-03	3,09E-03	1,82E-03	1,19E-03	8,13E-04	5,80E-04
⁹⁰ Sr	2,24E-01	8,49E-02	4,86E-02	1,98E-02	1,04E-02	5,26E-03	2,89E-03	1,71E-03	1,11E-03	7,59E-04	5,41E-04
Сумма	2,14E+01	7,53E+00	4,23E+00	1,67E+00	8,60E-01	4,24E-01	2,25E-01	1,29E-01	8,34E-02	5,65E-02	4,00E-02

43-814.203.004.09.13.11

40

Лист

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	
Колуч	
Лист	
№ док.	
Подп.	
Дата	

43-814.203.004.09.13.11

Лист	41
------	----

Таблица 3.11 - Дозы на растительность, $D_{обл}$ (мГр), обусловленные прохождением радиоактивного облака (МПА)

Радионуклид	Расстояние, км										
	0,4	1	1,5	2,7	4	6	10	15	20	25	30
^{88}Kr	6,43E-02	2,43E-02	1,42E-02	5,90E-03	3,16E-03	1,49E-03	7,33E-04	3,90E-04	2,45E-04	1,60E-04	8,50E-05
^{133}Xe	3,61E-02	1,42E-02	8,56E-03	3,85E-03	2,19E-03	1,21E-03	7,73E-04	5,54E-04	4,41E-04	3,65E-04	3,13E-04
^{132}I	2,67E-02	9,69E-03	5,52E-03	2,20E-03	1,14E-03	5,19E-04	2,40E-04	1,22E-04	7,29E-05	4,59E-05	2,39E-05
^{88}Rb	7,17E-03	4,80E-03	3,51E-03	1,88E-03	1,09E-03	5,70E-04	2,91E-04	1,57E-04	9,84E-05	6,43E-05	3,45E-05
^{87}Kr	1,66E-02	5,98E-03	3,33E-03	1,25E-03	6,23E-04	2,40E-04	8,45E-05	3,13E-05	1,44E-05	6,98E-06	2,03E-06
^{133}I	1,19E-02	4,48E-03	2,64E-03	1,14E-03	6,28E-04	3,34E-04	2,02E-04	1,35E-04	1,03E-04	8,12E-05	6,51E-05
^{135}Xe	9,51E-03	3,72E-03	2,23E-03	9,87E-04	5,56E-04	2,97E-04	1,81E-04	1,22E-04	9,29E-05	7,38E-05	5,78E-05
^{131}I	8,83E-03	3,36E-03	1,98E-03	8,67E-04	4,80E-04	2,61E-04	1,63E-04	1,14E-04	8,87E-05	7,22E-05	6,11E-05
^{140}La	1,03E-02	3,72E-03	2,12E-03	8,64E-04	4,54E-04	2,29E-04	1,25E-04	7,35E-05	4,78E-05	3,25E-05	2,29E-05
^{135}I	9,34E-03	3,49E-03	2,04E-03	8,59E-04	4,66E-04	2,36E-04	1,32E-04	8,09E-05	5,70E-05	4,22E-05	2,91E-05
^{95}Nb	8,58E-03	3,11E-03	1,77E-03	7,23E-04	3,80E-04	1,92E-04	1,06E-04	6,23E-05	4,07E-05	2,78E-05	1,98E-05
^{95}Zr	5,26E-03	1,90E-03	1,09E-03	4,43E-04	2,33E-04	1,18E-04	6,47E-05	3,82E-05	2,50E-05	1,70E-05	1,21E-05
^{134}I	5,52E-03	1,79E-03	9,34E-04	3,04E-04	1,37E-04	4,32E-05	1,10E-05	2,85E-06	9,98E-07	3,69E-07	6,43E-08
Сумма	2,22E-01	8,52E-02	5,03E-02	2,14E-02	1,16E-02	5,78E-03	3,13E-03	1,90E-03	1,34E-03	9,96E-04	7,30E-04

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	
Колуч	
Лист	
№ док.	
Подп.	
Дата	

Таблица 3.12 - Дозы на растительность за первые сутки, P_n (мГр·сут⁻¹), создаваемая излучением радионуклидов, осевших на почву на оси следа (ЗПА, на момент прохождения облака)

Радионуклид	Расстояние, км										
	0,4	1	1,5	2,7	4	6	10	15	20	25	30
¹³¹ I	2,61E+00	8,50E-01	4,55E-01	1,65E-01	7,98E-02	3,66E-02	1,75E-02	9,07E-03	5,49E-03	3,69E-03	2,72E-03
¹³² I	1,85E+00	5,75E-01	2,97E-01	9,89E-02	4,50E-02	1,75E-02	6,60E-03	2,78E-03	1,47E-03	8,70E-04	5,08E-04
¹³³ I	6,89E+00	2,24E+00	1,20E+00	4,31E-01	2,06E-01	9,27E-02	4,28E-02	2,15E-02	1,26E-02	8,23E-03	5,71E-03
¹³⁴ I	9,60E-01	2,78E-01	1,35E-01	3,90E-02	1,59E-02	4,61E-03	1,02E-03	2,29E-04	6,89E-05	2,25E-05	3,66E-06
¹³⁵ I	3,84E+00	1,11E+00	5,40E-01	1,56E-01	6,38E-02	1,85E-02	4,09E-03	9,14E-04	2,76E-04	9,02E-05	1,46E-05
¹³⁴ Cs	1,67E-01	6,07E-02	3,47E-02	1,41E-02	7,43E-03	3,76E-03	2,07E-03	1,22E-03	7,98E-04	5,43E-04	3,88E-04
¹³⁷ Cs	4,02E-02	1,45E-02	8,31E-03	3,39E-03	1,78E-03	9,01E-04	4,97E-04	2,93E-04	1,91E-04	1,31E-04	9,29E-05
⁸⁸ Rb	2,72E-02	6,67E-03	2,75E-03	5,14E-04	1,51E-04	1,60E-05	6,54E-07	2,20E-08	1,39E-09	9,11E-11	6,00E-13
¹⁴⁰ Ba	2,34E-02	8,47E-03	4,84E-03	1,98E-03	1,04E-03	5,23E-04	2,87E-04	1,69E-04	1,10E-04	7,50E-05	5,32E-05
¹³² Te	3,55E-02	1,28E-02	7,32E-03	2,97E-03	1,56E-03	7,83E-04	4,26E-04	2,49E-04	1,61E-04	1,09E-04	7,64E-05
Сумма	1,64E+01	5,16E+00	2,68E+00	9,13E-01	4,23E-01	1,76E-01	7,52E-02	3,64E-02	2,12E-02	1,38E-02	9,57E-03

43-814.203.004.09.13.11

43-814.203.004.09.13.11_изм.3

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	
Колуч	
Лист	
№ док.	
Подп.	
Дата	

Таблица 3.13 - Дозы на растительность за первые сутки, P_a (мГр·сут⁻¹), обусловленная ее аэральным загрязнением (ЗПА, на момент прохождения облака, ось следа)

Радионуклид	Расстояние, км										
	0,4	1	1,5	2,7	4	6	10	15	20	25	30
¹³¹ I	2,31E+02	7,52E+01	4,03E+01	1,46E+01	7,07E+00	3,24E+00	1,55E+00	8,03E-01	4,86E-01	3,27E-01	2,41E-01
¹³² I	1,41E+02	4,40E+01	2,28E+01	7,57E+00	3,44E+00	1,34E+00	5,05E-01	2,13E-01	1,13E-01	6,66E-02	3,89E-02
¹³³ I	6,88E+02	2,24E+02	1,19E+02	4,30E+01	2,06E+01	9,26E+00	4,27E+00	2,14E+00	1,26E+00	8,21E-01	5,70E-01
¹³⁴ I	7,36E+01	2,13E+01	1,03E+01	2,99E+00	1,22E+00	3,54E-01	7,84E-02	1,75E-02	5,28E-03	1,73E-03	2,80E-04
¹³⁵ I	3,20E+02	9,29E+01	4,50E+01	1,30E+01	5,32E+00	1,54E+00	3,41E-01	7,62E-02	2,30E-02	7,52E-03	1,22E-03
¹³⁴ Cs	1,12E+01	4,06E+00	2,32E+00	9,42E-01	4,97E-01	2,51E-01	1,39E-01	8,13E-02	5,33E-02	3,63E-02	2,59E-02
¹³⁷ Cs	4,89E+00	1,77E+00	1,01E+00	4,12E-01	2,17E-01	1,10E-01	6,05E-02	3,55E-02	2,33E-02	1,59E-02	1,13E-02
⁹⁰ Sr	4,59E+00	1,66E+00	9,50E-01	3,87E-01	2,04E-01	1,03E-01	5,68E-02	3,34E-02	2,19E-02	1,49E-02	1,06E-02
⁸⁸ Rb	7,49E+00	1,84E+00	7,58E-01	1,42E-01	4,15E-02	4,40E-03	1,80E-04	6,06E-06	3,82E-07	2,51E-08	1,65E-10
¹⁴⁰ Ba	6,04E+00	2,19E+00	1,25E+00	5,10E-01	2,67E-01	1,35E-01	7,39E-02	4,35E-02	2,84E-02	1,93E-02	1,37E-02
¹³² Te	2,62E+00	9,45E-01	5,40E-01	2,19E-01	1,15E-01	5,78E-02	3,15E-02	1,84E-02	1,19E-02	8,05E-03	5,64E-03
Сумма	1,49E+03	4,70E+02	2,45E+02	8,38E+01	3,90E+01	1,64E+01	7,10E+00	3,46E+00	2,03E+00	1,32E+00	9,19E-01

43-814.203.004.09.13.11

43

Лист

43-814.203.004.09.13.11_изм.3

51

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	
Колуч	
Лист	
№ док.	
Подп.	
Дата	

43-814.203.004.09.13.11

Лист 44

Таблица 3.14 - Дозы на растительность, D_{обл} (мГр), обусловленные прохождением радиоактивного облака (ЗПА)

Радионуклид	Расстояние, км										
	0,4	1	1,5	2,7	4	6	10	15	20	25	30
¹³¹ I	7,32E-01	2,76E-01	1,63E-01	7,05E-02	3,90E-02	2,11E-02	1,31E-02	9,03E-03	7,02E-03	5,71E-03	4,80E-03
¹³² I	3,04E+00	1,09E+00	6,17E-01	2,42E-01	1,25E-01	5,54E-02	2,49E-02	1,20E-02	6,97E-03	4,24E-03	2,02E-03
¹³³ I	2,91E+00	1,09E+00	6,40E-01	2,75E-01	1,52E-01	8,01E-02	4,81E-02	3,20E-02	2,41E-02	1,91E-02	1,52E-02
¹³⁴ I	3,96E+00	1,27E+00	6,58E-01	2,13E-01	9,43E-02	2,95E-02	7,42E-03	1,90E-03	6,58E-04	2,40E-04	4,16E-05
¹³⁵ I	1,40E+00	5,24E-01	3,04E-01	1,28E-01	6,88E-02	3,47E-02	1,92E-02	1,18E-02	8,25E-03	6,06E-03	4,18E-03
⁸⁷ Kr	1,76E+01	6,33E+00	3,55E+00	1,33E+00	6,60E-01	2,55E-01	8,95E-02	3,30E-02	1,53E-02	7,40E-03	2,15E-03
¹³³ Xe	3,55E+00	1,39E+00	8,43E-01	3,78E-01	2,15E-01	1,19E-01	7,60E-02	5,44E-02	4,33E-02	3,60E-02	3,08E-02
¹³⁵ Xe	5,24E+00	2,04E+00	1,22E+00	5,38E-01	3,00E-01	1,59E-01	9,51E-02	6,27E-02	4,71E-02	3,66E-02	2,76E-02
¹³⁸ Cs	1,45E+00	7,86E-01	4,94E-01	1,85E-01	8,05E-02	1,98E-02	2,70E-03	3,29E-04	5,92E-05	1,11E-05	5,86E-07
Сумма	4,03E+01	1,58E+01	9,99E+00	6,06E+00	5,73E+00	6,77E+00	1,04E+01	1,52E+01	2,02E+01	2,51E+01	3,01E+01

43-814.203.004.09.13.11_изм.3

3.2 Формирование дозовых нагрузок на население за счет естественных и искусственных радионуклидов при работе ХАЭС в режиме нормальной эксплуатации

Основными источниками формирования дозовых нагрузок на население, проживающее на территории 30 км зоны ХАЭС, являются естественные радионуклиды (ЕРН), содержащиеся в почве и подстилающих породах. Согласно проведенных исследований средневзвешенная суммарная эффективная доза облучения населения Украины, обусловленная природными источниками, составляет $3,5 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$ [19], причем основная ее часть формируется за счет облучения от радона. Оцененная величина дозы сильно варьирует в зависимости от региона. Отличается также структура и относительная величина вклада отдельных источников в суммарную эффективную дозу облучения. Для региона размещения станции, исходя из проведенных исследований по содержанию ЕРН в почвах (смотри Часть 9 данного ОВОС), можно отметить, что эффективная доза облучения населения за счет естественных радионуклидов будет более высокой в юго-западной и южной частях 30-километровой зоны ХАЭС. Содержание ЕРН в ближней зоне станции значительно ниже, что определяется почвообразующими породами, и, соответственно, дозы облучения населения здесь будут ниже. Также в суммарную эффективную дозу облучения населения вносят свой вклад искусственные радионуклиды (ИРН): ^{90}Sr и ^{137}Cs глобальных выпадений, ^{90}Sr и ^{137}Cs выпадений аварийного выброса ЧАЭС, а также большой спектр радионуклидов (продукты деления и наведенной активации), содержащихся в выбросах и сбросах ХАЭС. Вклад указанных радионуклидов в формирование дозовых нагрузок на население и объекты окружающей среды различается на порядки величин, что определяется большим количеством факторов (величины выбросов и сбросов ИРН при работе АЭС, плотности загрязнения территории ИРН глобальных выпадений и выпадений аварийного выброса ЧАЭС, физико-химические и водно-физические свойства, минералогический состав почв территории 30-километровой зоны и связанные с указанными факторами параметры миграции радионуклидов в биологических цепях, особенности ведения сельскохозяйственного производства, особенности рациона населения и т.д.).

Все оценки ожидаемых эффективных доз на население получены с использованием полей концентрации радионуклидов в воздухе и плотности загрязнения поверхности почвы от газо-аerosольных выбросов станции. Моделирование рассеяния газоаerosольных выбросов проводилось на основе Гауссовой модели с учетом среднегодовых климатических условий в зоне влияния станции. При расчетах не учитывался вторичный ветровой подъем осевших на поверхность почвы радионуклидов. Причиной этому является малый вклад в приземную объемную активность радионуклидов в воздухе вторичного ветрового подъема. По данным [23] доза от вторичного подъема радионуклидов в первые два года после выпадений меньше 10 % от дозы, которая обусловлена начальными выпадениями (в большинстве случаев меньше 1 %).

Ниже приводится алгоритм расчета эффективных доз на критическую группу населения – люди проживающие занимающиеся сельским хозяйством и проживающие в сельской местности. Исходными данными для проведенных оценок являлись интегральная концентрация радионуклидов в приземном слое воздуха (среднегодовая концентрация для длительного выброса с постоянной мощностью выброса) и плотность загрязнения почвенного покрова.

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Фотонное облучение от облака

Мощность дозы, создаваемая в незащищенном слое тела человека, на открытой местности была рассчитана по формуле

$$H [Зв/с]=A_v[Бк/м^3] \cdot V_{ay}[(Зв/с)/(Бк/м^3)], \quad (3.11)$$

где A_v - объемная активность радионуклидов в воздухе;

V_{ay} - мощность эффективной дозы на единицу удельной активности радионуклида в воздухе [24].

Коэффициенты V_{ay} рассчитаны для 2π геометрии с точностью до краевого эффекта на открытой местности.

Фотонное излучение от поверхности почвы

$$H [Зв]=A_s[Бк/м^2] \cdot V_{S\gamma}[(Зв/с)/(Бк/м^2)] \cdot k_1 \cdot (T_{out}[c]+k_2T_{in}[c]), \quad (3.12)$$

где A_s – поверхностное загрязнение почвы;

$V_{S\gamma}$ -мощность эффективной дозы почвы на единичное поверхностное загрязнение почвенного покрова [24];

k_1 - коэффициент, учитывающий снижение мощности поглощенной дозы за счет шероховатости почвенного покрова (для расчетов принят 0,8);

T_{out} – время пребывания человека на протяжении года на открытом воздухе (для расчетов принято 8 часов в сутки);

k_2 – коэффициент, учитывающий снижение мощности поглощенной дозы за счет экранирования стенами помещения (для расчетов принят 0,4);

T_{in} – время пребывания человека на протяжении года в помещении (для расчетов принято 16 часов в сутки).

Внутреннее облучение при ингаляции

$$H [Зв]=A_v[Бк/м^3] \cdot V_{ih} [Зв/Бк] \cdot V[м^3], \quad (3.13)$$

где A_v - объемная активность радионуклидов в воздухе;

V_{ih} - эффективная доза внутреннего облучения за счет единичного ингаляционного поступления радионуклида для референтного возраста «взрослый». Рассчитывается согласно [20];

V – референтный годовой объем дыхания для этого возраста [13].

Ожидаемая годовая доза от перорально поступивших радионуклидов.

Индивидуальные дозы по пищевому пути поступления радионуклидов рассчитываются в предположении потребления продуктов местного производства. Учитывается корневой и аэральный пути поступления радионуклидов в продукцию сельскохозяйственного производства. Используется модель миграции радионуклидов, базирующаяся на максимальных коэффициентах перехода радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию и среднем рационе сельского жителя [21]. Для расчетов использовались дозовые коэффициенты, приведенные в работе [22].

$$H [Зв]=A_s[Бк/м^2] \cdot V_{ign}[Зв/Бк] \cdot K_{ind}[м^2], \quad (3.14)$$

где A_s – поверхностное загрязнение почвы;

V_{ign} – эффективная доза на единицу перорального поступления радионуклида [22];

K^{ind} - коэффициент, связывающий уровень загрязнения с годовым поступлением радионуклида в организм отдельного индивидуума [21].

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Ожидаемая годовая доза от ^3H и ^{14}C

При оценке доз использован консервативный подход, который базируется на предположении о достижении равновесия между удельными активностями этих радионуклидов в окружающей среде и в теле облучаемого индивидуума [28].

Модель удельной активности трития предполагает, что этот нуклид распространяется в окружающей среде и инкорпорируется в организм в составе молекул воды. Концентрация трития в человеческом организме определяется через его равновесную концентрацию в водных испарениях атмосферы. Годовая эффективная доза определяется как:

$$D^{\max} [\text{Зв/год}] = A_v [\text{Бк/м}^3] \cdot h^{-1} [\text{кг/м}^3] \cdot f \cdot g [(\text{Зв/год})/(\text{Бк/кг})], \quad (3.15)$$

где A_v - объемная активность радионуклида в воздухе;

h - абсолютная влажность воздуха ($0,006 \text{ кг/м}^3$);

f - доля поступления воды из атмосферы по всем путям (через кожу, ингаляцией, с продуктами питания). Для максимальной оценки принято 1;

g - дозовый коэффициент.

Модель удельной активности углерода построена на следующих предположениях:

- питание - основной путь формирования дозы;
- в выбросе ^{14}C ассоциируется с CO_2 и фиксируется тканями растений при фотосинтезе;
- образующиеся органические молекулы, в состав которых входит ^{14}C , транспортируются по пищевой цепочке со стабильным углеродом (^{12}C) в тело человека.

Следовательно, мощность дозы при равновесии в точке x будет прямо пропорциональна отношению концентраций ^{14}C и ^{12}C в воздухе

$$D^{\max} [\text{Зв/год}] = A_v [\text{Бк/м}^3] \cdot C^{-1} [\text{г/м}^3] \cdot f \cdot g [(\text{Зв/год})/(\text{Бк/г})], \quad (3.16)$$

где A_v - объемная активность радионуклида в воздухе;

C - средняя концентрация стабильного углерода в воздухе ($0,18 \text{ г/м}^3$);

f - доля перорального поступления углерода с продуктами питания. Для максимальной оценки принято 1;

g - дозовый коэффициент.

Оценка дозовых нагрузок на население при нормальной эксплуатации ХАЭС проводилась для ожидаемой мощности газоаэрозольных выбросов при работе всех четырех блоков. Величины выбросов при нормальной эксплуатации приведены в части 3. Для оценок не использовались радионуклиды с малым периодом полураспада, которые дают ничтожный вклад в суммарную дозу облучения.

При расчете дозы от радионуклидов, которые поступили в организм человека по трофическим цепям, использованы максимальные коэффициенты перехода радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию, а также средний рацион сельского жителя.

Полученные результаты для всех радионуклидов и путей их воздействия на человека на удалении 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 5; 10; 15 и 25 км от ХАЭС приведены в приложении А (таблицы А.1-А.5). Производство сельскохозяйственной продукции в пределах СЗЗ запрещено, но в таблице приведены оценки дозовых нагрузок по всем путям воздействия и для внутренних точек СЗЗ. Эти величины наглядно подтверждают, что и продукция, гипотетически произведенная в пределах СЗЗ, не будет давать существенного вклада в суммарную дозу облучения населения за счет газо-аэрозольных выбросов станции.

Полученные оценки показали, что максимальный вклад в ожидаемую эффективную дозу на всех расстояниях вносят радиоактивные благородные газы ^{88}Kr , ^{133}Xe , ^{135}Xe при

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

облучении от облака. Остальные пути воздействия в формирования дозы вносят существенно меньший вклад (рисунок 3.1).

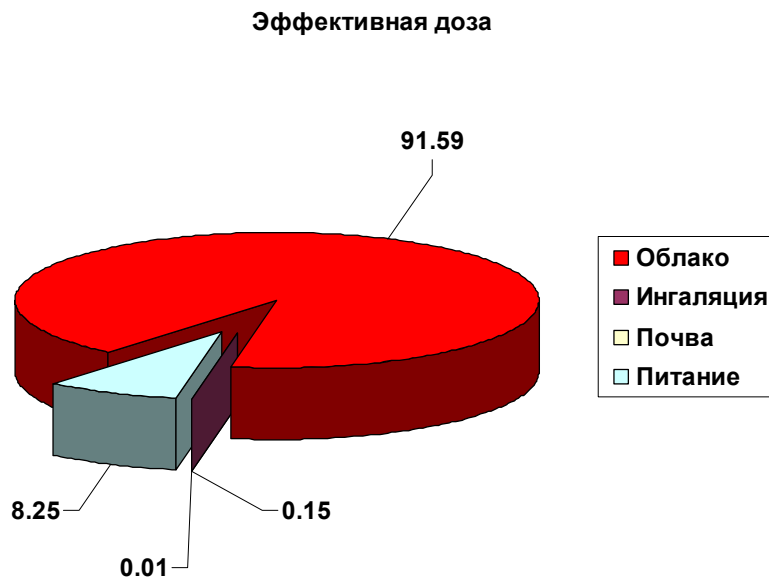


Рисунок 3.1 – Структура формирования (в процентах) ожидаемой эффективной годовой дозы на население (референтная группа «взрослый», сельское население) при нормальной эксплуатации ХАЭС в составе четырех блоков по путям воздействия. Азимут 0°, расстояние 3 км

Максимальная расчетная эффективная индивидуальная доза 2,8 мкЗв/год получена на расстоянии 0,5 км в восточном направлении от станции. На расстоянии 25 км суммарная эффективная доза уменьшается до сотых мкЗв.

Анализ полученных оценок позволил сделать вывод о том, что основной вклад в формирование дозовых нагрузок на организм человека на территории 30-километровой зоны ХАЭС при работе станции в режиме нормальной эксплуатации будут вносить естественные радионуклиды: ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th и продукты их распада. Известно, что при содержании в почве 1 Бк/кг радионуклида создается мощность поглощенной дозы на высоте 1 м от ^{40}K - $0,43 \cdot 10^{-10}$ Гр/ч; от ^{238}U - $4,27 \cdot 10^{-10}$ Гр/ч; от ^{232}Th - $6,62 \cdot 10^{-10}$ Гр/ч; от 37 кБк/м² ^{137}Cs - на пашне – 10^{-7} Гр/ч [18]. Исходя из медианных значений содержания этих радионуклидов в почвах изучаемого региона (Часть 9 ОВОС), их процентный вклад в формирование поглощенной дозы внешнего облучения составляет: для ^{40}K – 30 %; ^{238}U – 15 %; ^{232}Th – 35 %; ^{137}Cs – 20 %. Эффективная доза на население за счет естественных радионуклидов и продуктов их распада, а также космического излучения варьирует для региона в пределах от 1 до 3 мЗв/год. Искусственные радионуклиды глобальных выпадений, радионуклиды чернобыльского происхождения и, тем более, радионуклиды выбросов ХАЭС, дают существенно меньший вклад в величину дозы облучения. За сутки от естественного фонового облучения человек получает приблизительно такую же дозу, как и от выбросов ХАЭС за год.

Согласно [13], население, проживающее вблизи АЭС, может получить дозу облучения за счет газо-аэрозольных выбросов АЭС, не превышающую 4 % предельной дозы, т.е. < 40 мкЗв/год, причем эта доза формируется по всем путям воздействия. В случае ХАЭС для населения оценочные дозовые нагрузки за пределами СЗЗ будут на два порядка величины

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ниже установленных лимитов (рисунок 3.2). Следует упомянуть, что квота лимита дозы для европейских стран в несколько раз больше.

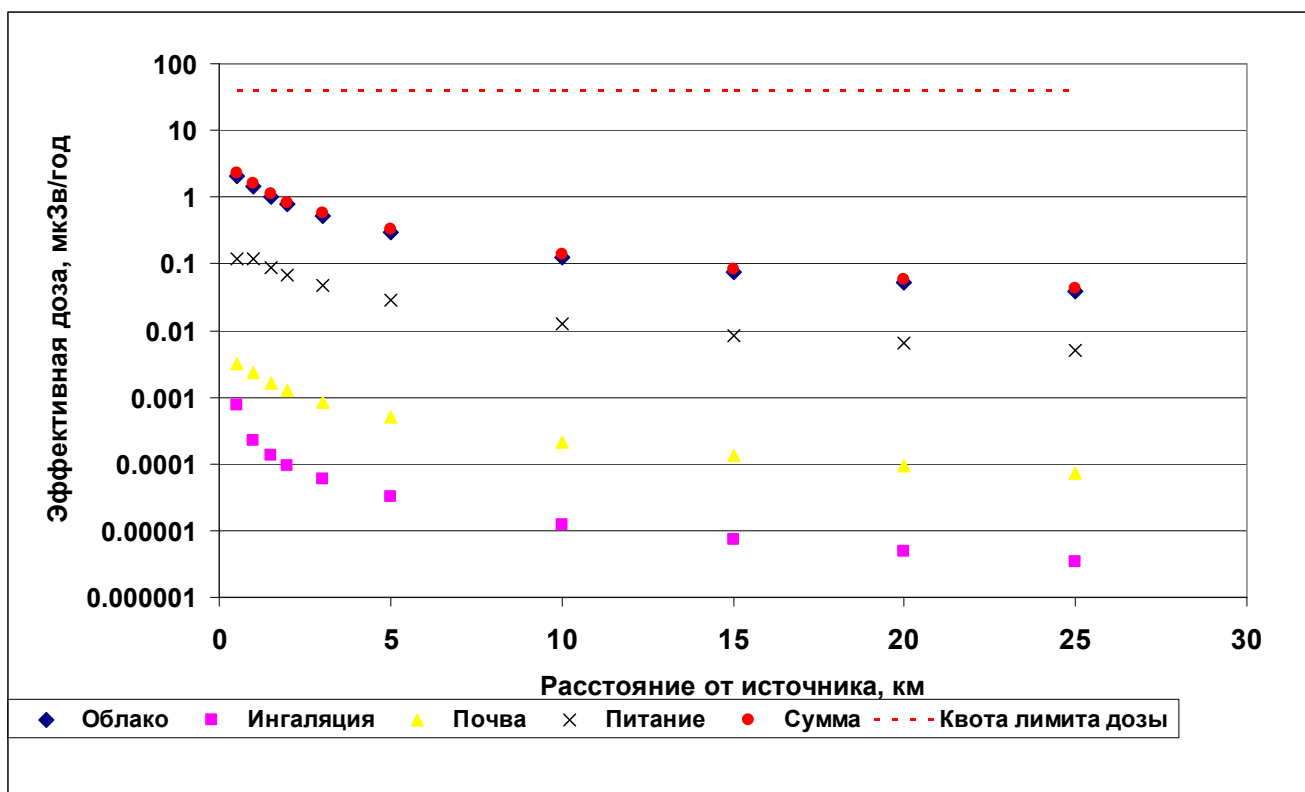


Рисунок 3.2 – Зависимость ожидаемой эффективной годовой дозы на население (референтная группа «взрослый», сельское население) при нормальной эксплуатации ХАЭС в составе четырех блоков от расстояния. Азимут 0°

Таким образом, приведенные прогнозные оценки дозовых нагрузок для заданных условий показывают, что вклад радионуклидов выбросов АЭС составляет мизерную величину по сравнению с дозовыми нагрузками от естественных и искусственных (глобальных выпадений) радионуклидов.

3.3 Оценка дозовых нагрузок на население и возможных эффектов при авариях (МПА, ЗПА) на ХАЭС

Также как и для расчета загрязнения территории (Часть 5 данного ОВОС), расчет дозовых нагрузок производился с использованием пакета прикладных программ РС COSYMA v.2.1. Этот пакет программ разработан в Европейском Союзе и рекомендован МАГАТЭ для такого рода оценок.

Оценка дозовых нагрузок при аварийных ситуациях является ключевой задачей ОВОС, так как вся современная методологии обеспечения радиационной безопасности объектов ядерной энергетики основана на нормировании индивидуальных доз населения, причем, главным образом, при аварийных ситуациях. При оценке дозовых нагрузок учитываются все пути воздействия: облако, ингаляция, поверхности почвы и потребление продуктов питания, произведенных на загрязненной территории. Пакет программ содержит библиотеки величин дозовых коэффициентов (доза на единичное поступление радионуклида) радионуклидов при

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

их ингаляционном или пероральном поступлении. Эти величины были получены с использованием модели легких рекомендуемой МКРЗ [20] и биокинетических моделей метаболизма радионуклидов [25-27].

Оценивается весь комплекс дозовых характеристик (острые дозы, прижизненные дозы, дозы на органы, дозы на все тело, вклады в дозу различных радионуклидов аварийного выброса, вклады путей облучения, вклады составляющих рациона), предназначенные для нормирования радиационной безопасности и для принятия различного типа контрмер.

Дозы начального периода облучения (острого облучения). В данном документе, согласно [13], определены дозы острого периода, сформированные за 14 суток и дозы, формируемые за 50 лет после аварии. Эти дозы определяются для оценки стохастических последствий облучения.

В данном документе определены:

- индивидуальные эффективные дозы (дозы на «все тело»), формируемые в начальный период (за 14 суток) и за жизнь (50 лет после гипотетической аварии на ХАЭС). Дозовые характеристики в терминах «эффективные дозы» используются, главным образом, для принятия решений при разработке контрмер;

- дозы на отдельные органы (щитовидная железа, желудок, печень, поджелудочная железа, грудные железы, костный мозг, поверхность кости, хрусталик глаза, гонады, толстый кишечник, кожу, легкие), формируемые в начальный период (14 суток) и за жизнь (50 лет после гипотетической аварии на ХАЭС). Дозовые характеристики в терминах «дозы на органы» используются, главным образом, для оценки медицинских и генетических последствий аварийного облучения.

Все дозовые характеристики оценены как полные дозы, т.е. сформированные спектром радионуклидов аварийного выброса (часть 3 ОВОС), вклад которых в суммарную дозу больше 0,1 %, по всем путям облучения (внешнее от загрязненной поверхности земли, облучение из облака, пероральное поступление, ингаляция, ресуспензия).

Существенная методическая особенность оценки дозовых ситуаций при авариях на ХАЭС состоит в том, что дозы оценены не как отдельное значение, а как интервал значений. Этот интервал определяется следующими соображениями:

- верхнее значение доз соответствует значениям доз на оси радиоактивного облака;
- нижнее значение – средним значениям.

Заметим, что верхнее значение величин доз является гипотетическим, весьма консервативным, которое, вообще в практике не может реализоваться, так как оно соответствует только некой геометрической линии. Значения доз, соответствующие этой линии не имеют никакого коллективного смысла.

Наоборот, среднее значение величины доз соответствует некоторому реальному усреднению, соответствующему реальному поведению человека, в частности, потребляющему сельхозпродукцию с определенной площади.

3.3.1 Временная динамика и пространственная зависимость эффективных доз

В соответствии с [13] для проведения оценки необходимости проведения потенциальных неотложных контрмер по уменьшению облучения населения и персонала необходимо оценить дозовые нагрузки, которые формируются на ранней стадии аварии. При оценке последствий аварий были проведены расчеты эффективных доз острого периода и на

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

основе полученных данных, используя критерии оправданности проведения тех или иных контрмер [13] делался вывод о целесообразности их проведения.

3.3.1.1 Максимальная проектная авария

3.3.1.1.1 Дозы острого периода

На рисунке 3.3 приведена зависимость рассчитанных ожидаемых эффективных доз острого периода аварии (две недели) для различных расстояний от источника по оси выброса. Средняя суммарная эффективная доза (учитываются все пути воздействия кроме поступления радионуклидов с продуктами питания) на границе СЗЗ за этот период составит $3,25 \cdot 10^{-6}$ Зв. Согласно [13] нижние пределы оправданности проведения неотложных контрмер в терминах предотвращенной дозы на все тело составляют: укрытие - $5 \cdot 10^{-3}$ Зв; эвакуация - $5 \cdot 10^{-2}$ Зв; ограниченное пребывание на открытом воздухе - $2 \cdot 10^{-3}$ Зв. Исходя даже из максимальных оценок эффективной дозы очевидно, что при таком выбросе проведение вышеупомянутых неотложных контрмер за пределами СЗЗ станции не целесообразно (рисунок 3.3). Численные значения эффективных доз острого периода (включая эффективные дозы на органы) приведены в приложении Б (таблица Б.1).

Полученные оценки показали, что для данной аварии в острый период ее протекания на близких расстояниях от источника выброса основными дозообразующими радионуклидами будут ^{95}Nb , ^{131}I , ^{95}Zr , ^{140}Ba (рисунок 3.4). По мере удаления от источника выброса вклад ^{131}I в эффективную дозу острого периода будет возрастать (определяется большей долей в выбросе органических соединений этого элемента). В ближней зоне аварии суммарная эффективная доза в основном формируется за счет фотонного облучения от поверхности почвы (рисунок 3.5, 3.6).

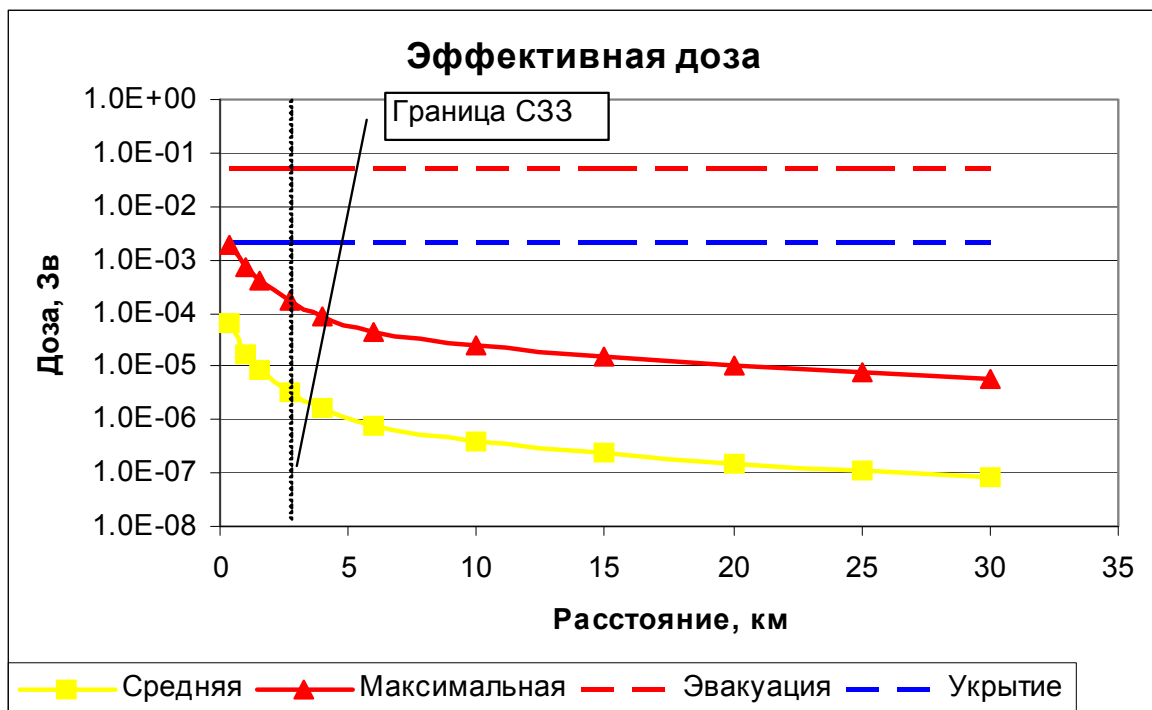
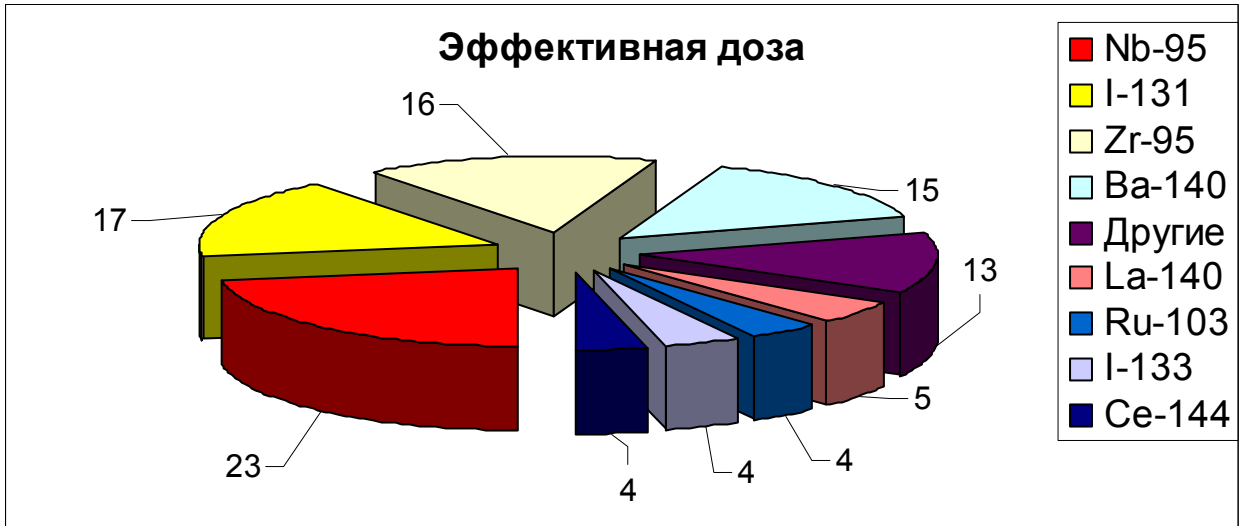


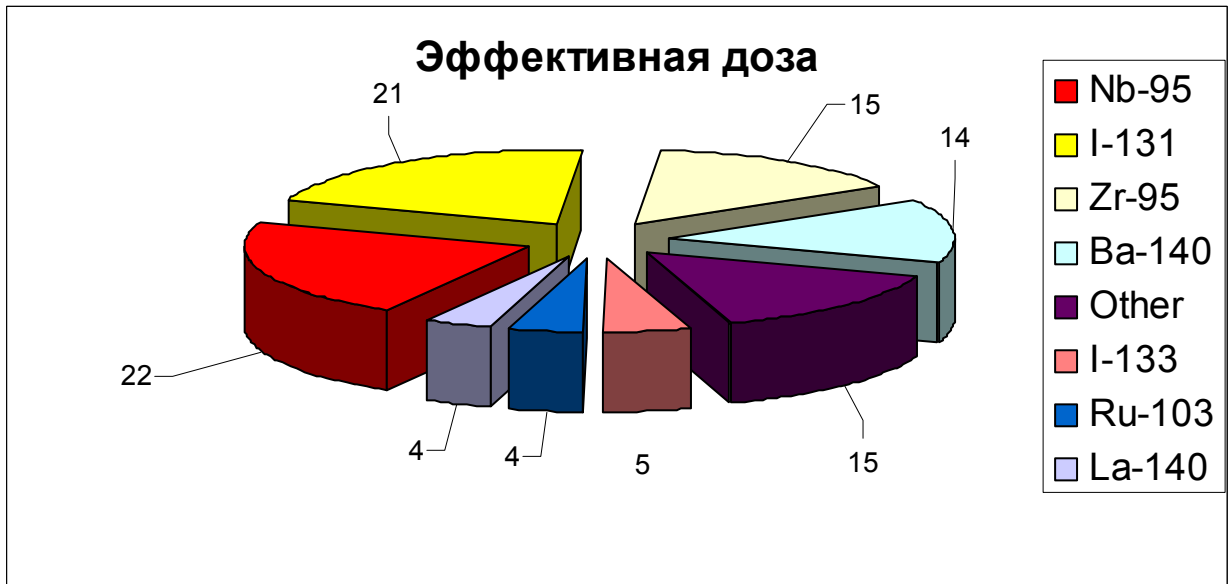
Рисунок 3.3 – Зависимость ожидаемой эффективной дозы острого периода (две недели) от расстояния. Нижние границы оправданности проведения контрмер (укрытие, эвакуация) [13]

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата



Граница С33, $3,25 \cdot 10^{-6}$ Зв

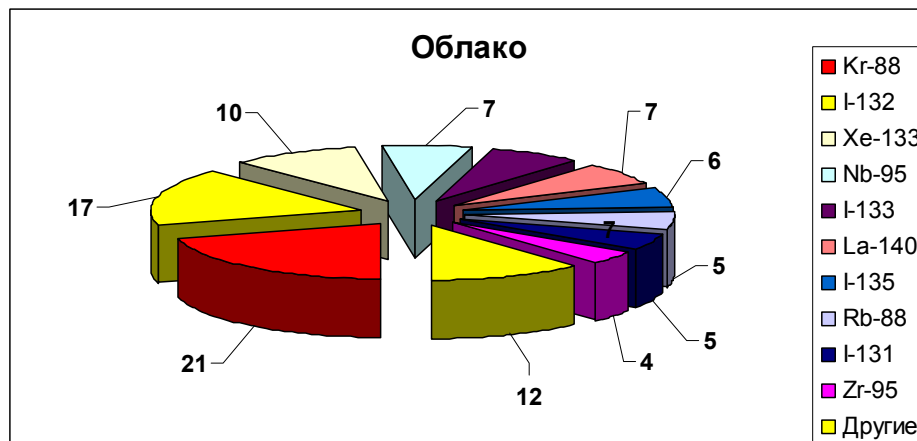


Расстояние 15 км от источника выброса, $2,32 \cdot 10^{-7}$ Зв

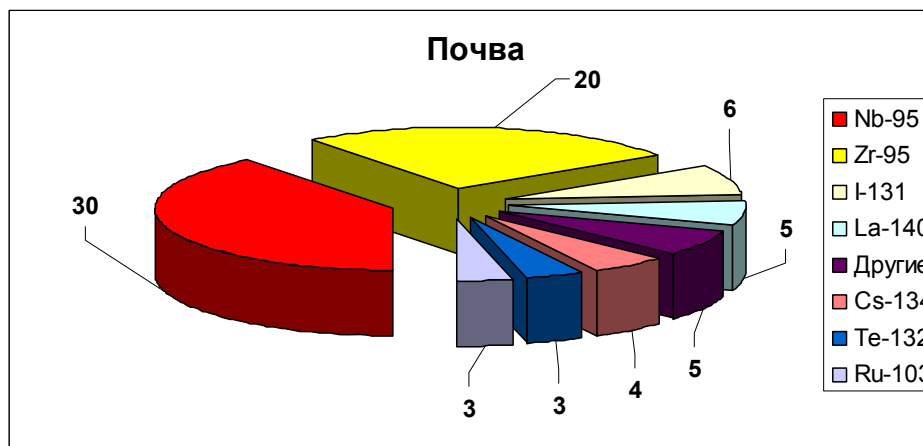
Рисунок 3.4 – Вклад радионуклидов (в процентах) аварийного выброса (МПА) в суммарную ожидаемую эффективную дозу острого периода

Взам.инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

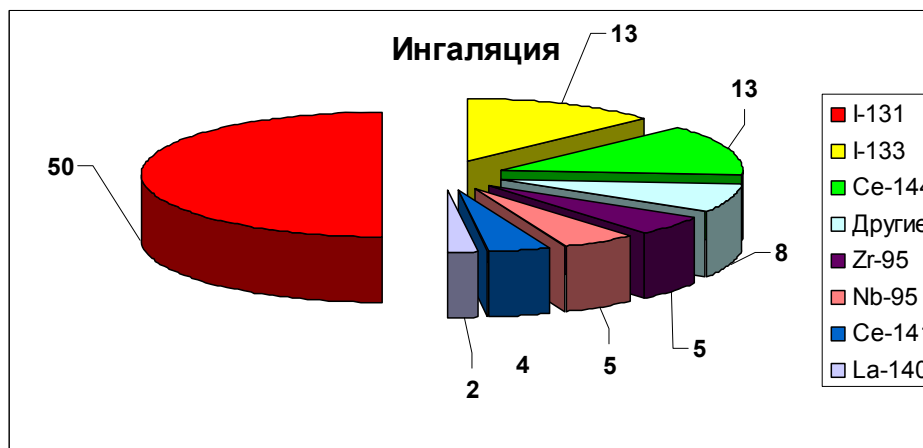
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата



$1,42 \cdot 10^{-7}$ Зв



$2,29 \cdot 10^{-6}$ Зв

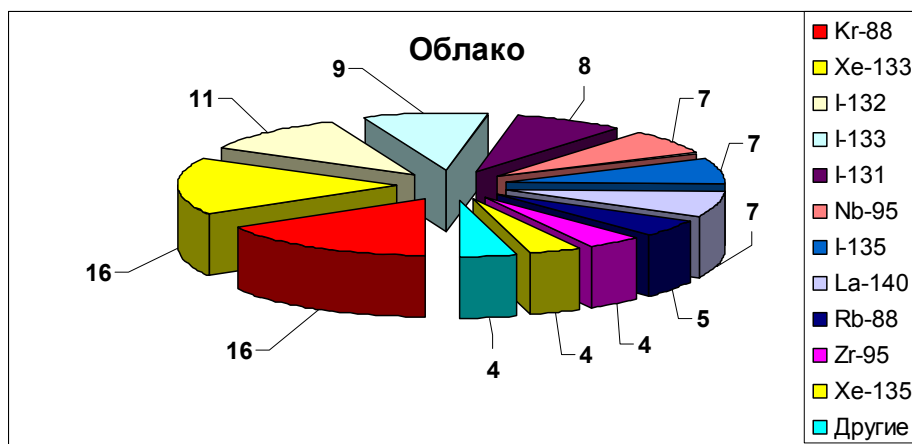


$8,17 \cdot 10^{-7}$ Зв

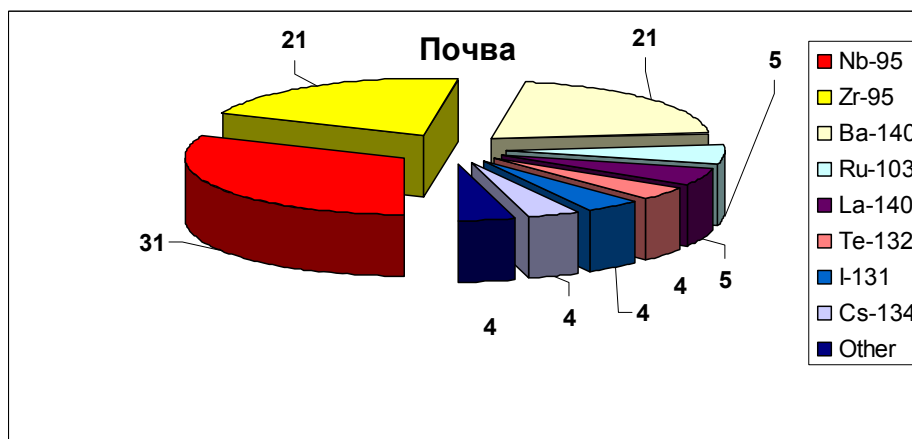
Рисунок 3.5 – Пути формирования ожидаемой эффективной дозы (в процентах) острого периода. Граница СЗЗ

Инв. № подл.
Подпись и дата
Взам. инв. №

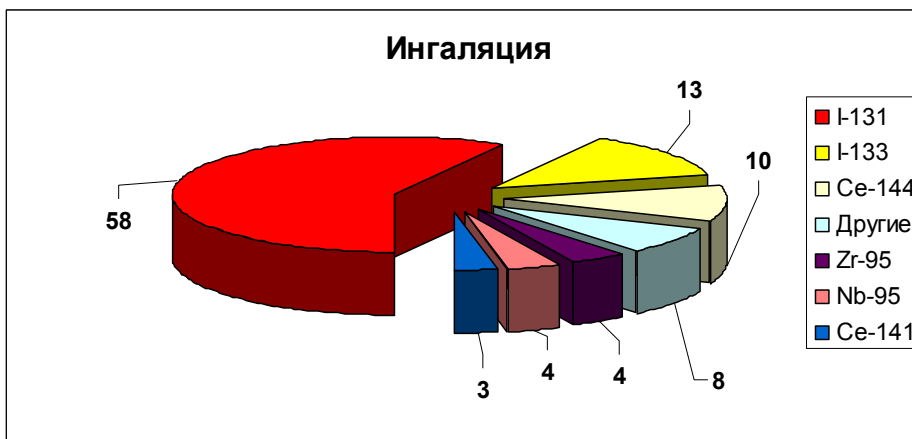
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата



$1,23 \cdot 10^{-8}$ Зв



$1,48 \cdot 10^{-7}$ Зв



$7,14 \cdot 10^{-8}$ Зв

Рисунок 3.6 – Пути формирования ожидаемой эффективной дозы (в процентах) острого периода. Расстояние 15 км от источника выброса

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

3.3.1.1.2 Прижизненные дозы

Как было показано выше (раздел 2.3) радиоактивное загрязнение сельскохозяйственной продукции в результате МПА может превышать установленные [13] критерии принятия решения об изъятии, замене и ограничении употребления такой продукции на расстояниях до 30 км. То есть существует вероятность проведения долгосрочных контрмер. Исходя из этого были рассмотрены два сценария оценки доз: без проведения контрмер и с введением запрета употребления сельскохозяйственной местной продукции, если она загрязнена выше нижних пределов оправданности [13]. Эти контрмеры могут быть реализованы переводом КРС на стойловое содержание. Это самый эффективный метод уменьшения дозовых нагрузок на население на ранней и средней стадиях аварии.

Пространственное распределение территорий, на которых согласно существующих критериев вероятно введение запрета на потребление местной продукции и сроки введения такого запрета приведены на рисунках 3.8 - 3.11. Именно эти контрмеры были учтены при расчете эффективной дозы на население (рисунок 3.7). Оценка экономического ущерба от проведения данных контрмер приведена в части 16.

Зависимости индивидуальных эффективных прижизненных (за 50 лет) доз на население от расстояния приведены на рисунке 3.7. Средняя эффективная доза на границе СЗЗ для сценария с введением запрета на потребление местной сельскохозяйственной продукции составила $4,08 \cdot 10^{-5}$ Зв. Для сценария без проведения контрмер эта доза была почти на порядок величин больше ($8,1 \cdot 10^{-5}$ Зв). Таким образом проведение данной контрмеры может уменьшить дозу на население в два раза. С увеличением расстояния от источника выбросов дозы уменьшаются, и уже на расстоянии 20 км составляют $2,96 \cdot 10^{-6}$ Зв. Численные значения эффективных прижизненных доз без применения контрмер и с введением запрета на потребление продукции приведены в приложении В. Эти данные включают эффективные дозы на органы, которые могут быть использованы для оценки рисков возникновения стохастических эффектов от облучения.

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

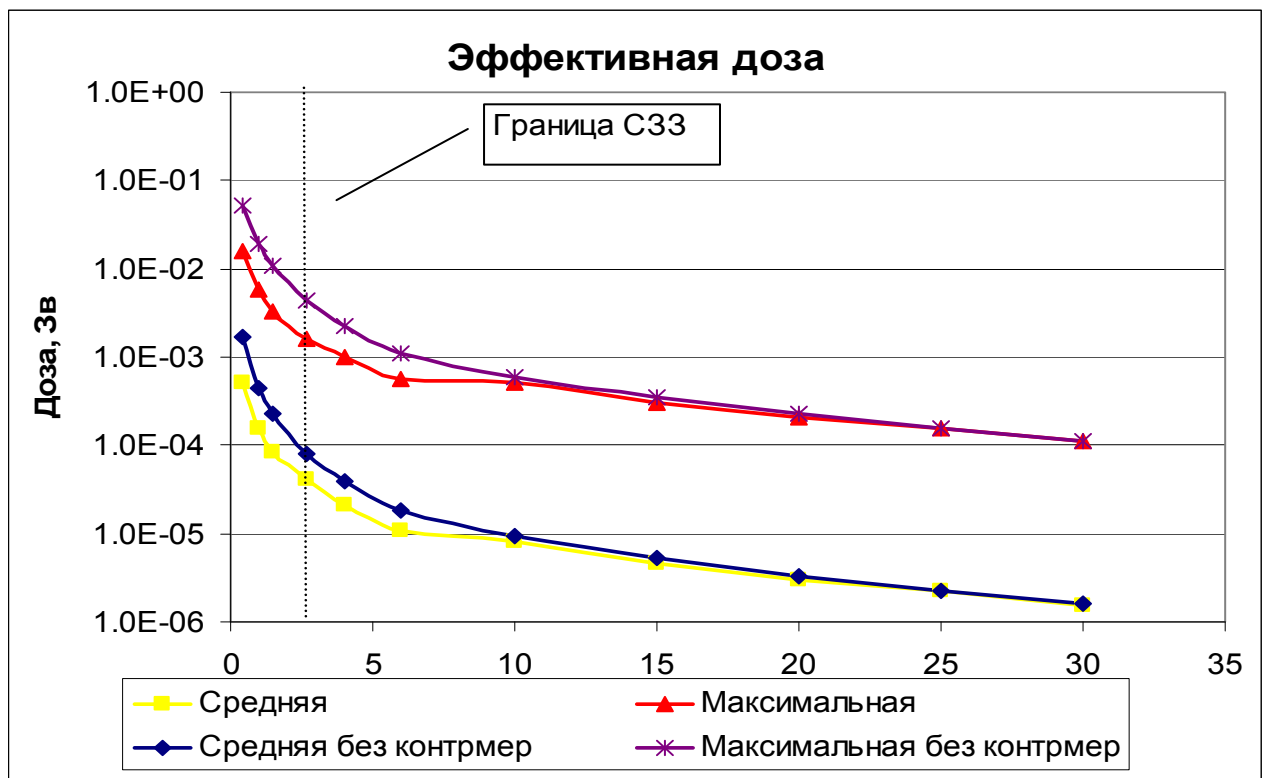


Рисунок 3.7 – Зависимость прижизненной ожидаемой эффективной дозы от расстояния. Сценарии без проведения контрмер и с запрещением потребления продуктов питания согласно критериям [13]

Вклад различных радионуклидов в суммарную прижизненную дозу для различных сценариев сильно отличается (рисунок 3.12). При применении контрмер основными и дозообразующими радионуклидами являются ^{134}Cs и ^{137}Cs (около 56 % вклада). Без проведения контрмер общая картина не меняется - по прежнему основными дозообразующими радионуклидами остаются изотопы цезия, но возрастает доля ^{131}I . Проведение данных контрмер позволяет уменьшить поступление ^{131}I с продуктами питания местного производства и тем самым уменьшить общий вклад пищевой цепочки в формировании суммарной дозы (рисунок 3.13). Поступление радионуклидов в организм с продуктами питания является основным путем формирования дозы.

Пакет программ COSYMA позволяет оценить пространственную вероятность необходимости введения запрета на потребление местных продуктов питания (таблица 3.15) и длительность введения этой контрмеры для различных продуктов и на различных расстояниях от источника выброса (рисунки 3.8 – 3.11). Средняя вероятность необходимости введения запрета на потребление местной продукции определяется мощностью, радионуклидным составом аварийного выброса, плотность загрязнения территории и коэффициентом перехода радионуклида в тот или иной продукт. Наибольшая вероятность необходимости введения этой контрмеры за пределами СЗЗ в непосредственной близости от ее границы возможна для листовых овощей и молока. За пределами СЗЗ возможно введение запрета на потребление листовых овощей и молока на срок от 1 до 3 месяцев (рисунки 3.8, 3.10). Причем для листовых овощей этот запрет может быть введен вплоть до границы зоны наблюдения. Введение этих контрмер, в основном связано с загрязнением территории изотопами йода и

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

короткоживущими радионуклидами. Существует также вероятность введения запрета на потребление зерновой продукции и мяса (рисунки 3.9, 3.11), выращенных в непосредственной близости от СЗЗ (до 6 км). Согласно полученных оценок длительность введения запрета на этой территории может достигать двух лет. С нашей точки зрения это очень консервативная оценка.

Таблица 3.15– Зависимость средней вероятности необходимости проведения контрмер от расстояния от источника выброса

Расстояние, км	Площадь сектора, км ²	Молоко	Говядина	Листовые овощи	Корнеплоды	Картошка	Зерновые
0,4	0,01	9,72E-02	6,94E-02	9,72E-02	4,17E-02	4,17E-02	6,94E-02
1	0,04	6,94E-02	4,17E-02	6,94E-02	1,39E-02	1,39E-02	4,17E-02
1,5	0,05	4,17E-02	4,17E-02	6,94E-02	1,39E-02	1,39E-02	4,17E-02
2,7	0,22	4,17E-02	1,39E-02	4,17E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-02
4	0,38	4,17E-02	1,39E-02	4,17E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-02
6	0,87	1,39E-02	1,39E-02	4,17E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-02
10	2,79	1,39E-02	0,00E+00	1,39E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
15	5,45	1,39E-02	0,00E+00	1,39E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
20	7,64	1,39E-02	0,00E+00	1,39E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
25	9,82	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
30	12,00	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

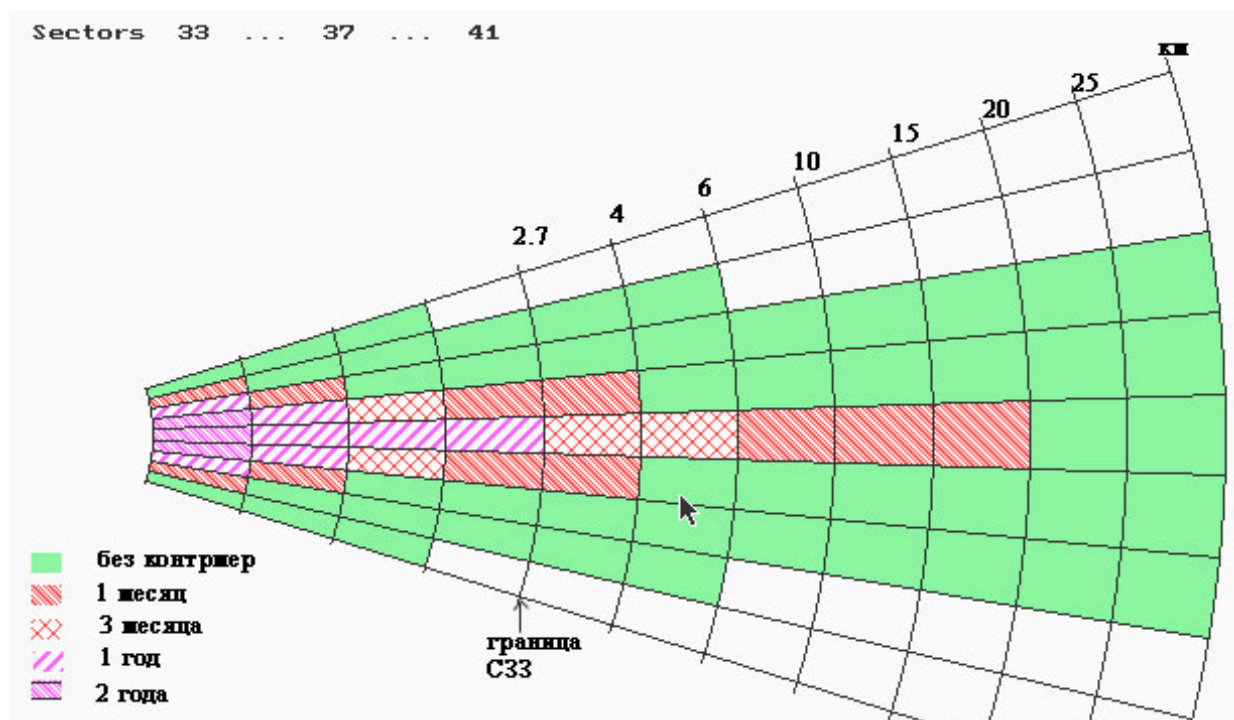


Рисунок 3.8 - Пространственное распределение территорий ЗН по необходимости введения ограничения на потребление молока местного производства при МПА (схема)

Взам.инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Лист

57

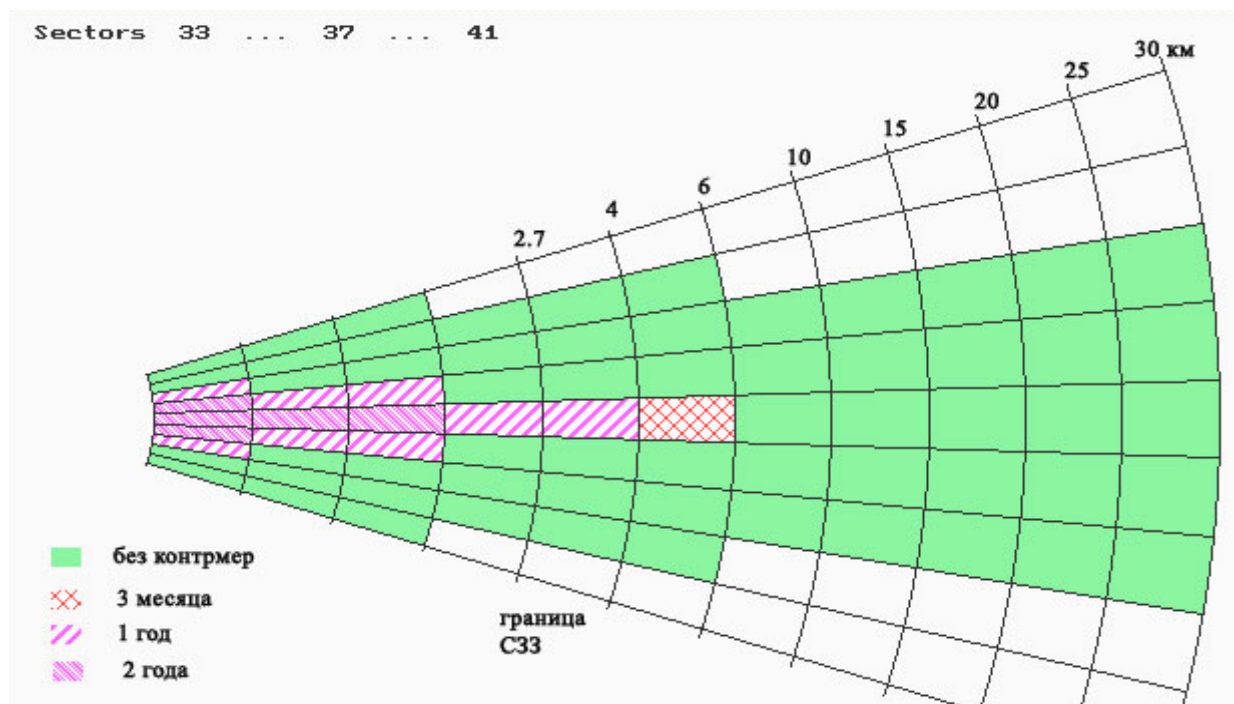


Рисунок 3.9 - Пространственное распределение территорий ЗН по необходимости введения ограничения на потребление говядины местного производства при МПА (схема)

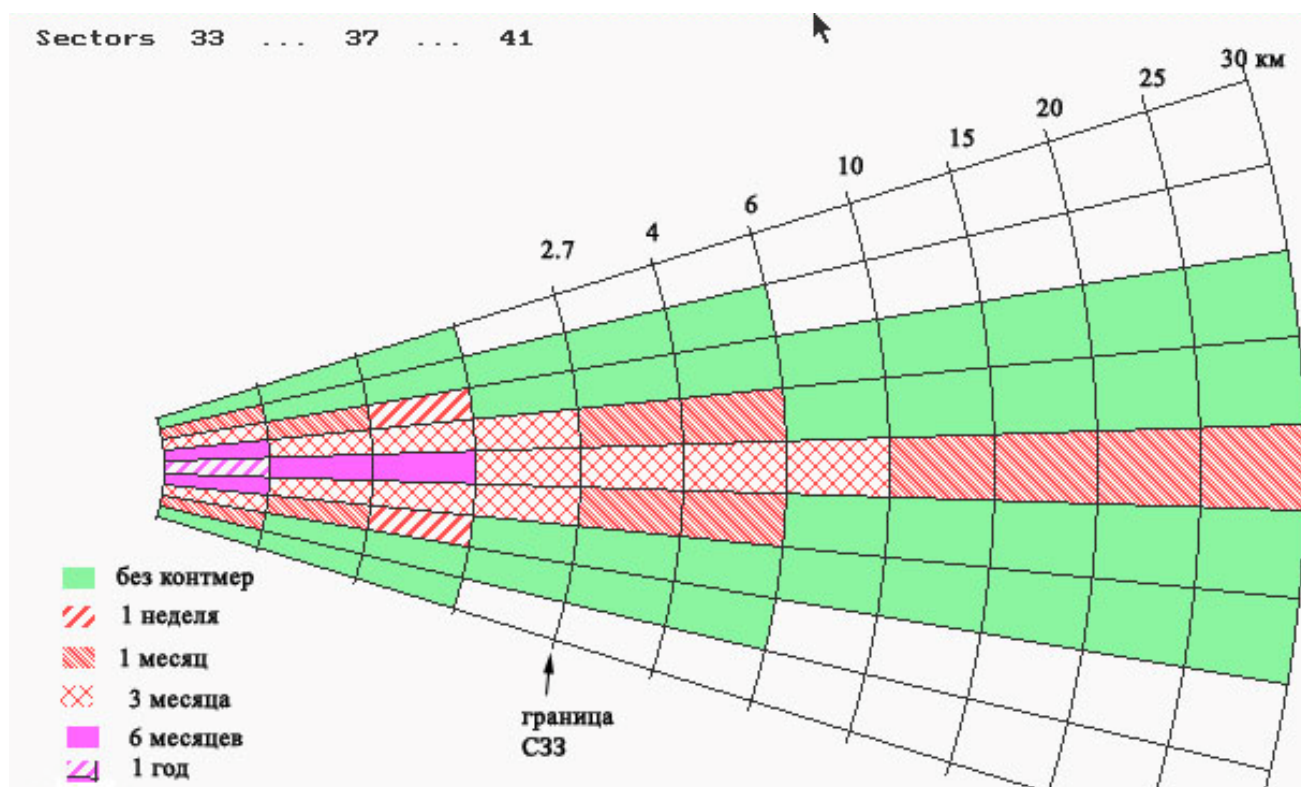


Рисунок 3.10 - Пространственное распределение территорий ЗН по необходимости введения ограничения на потребление листовых овощей местного производства при МПА (схема)

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

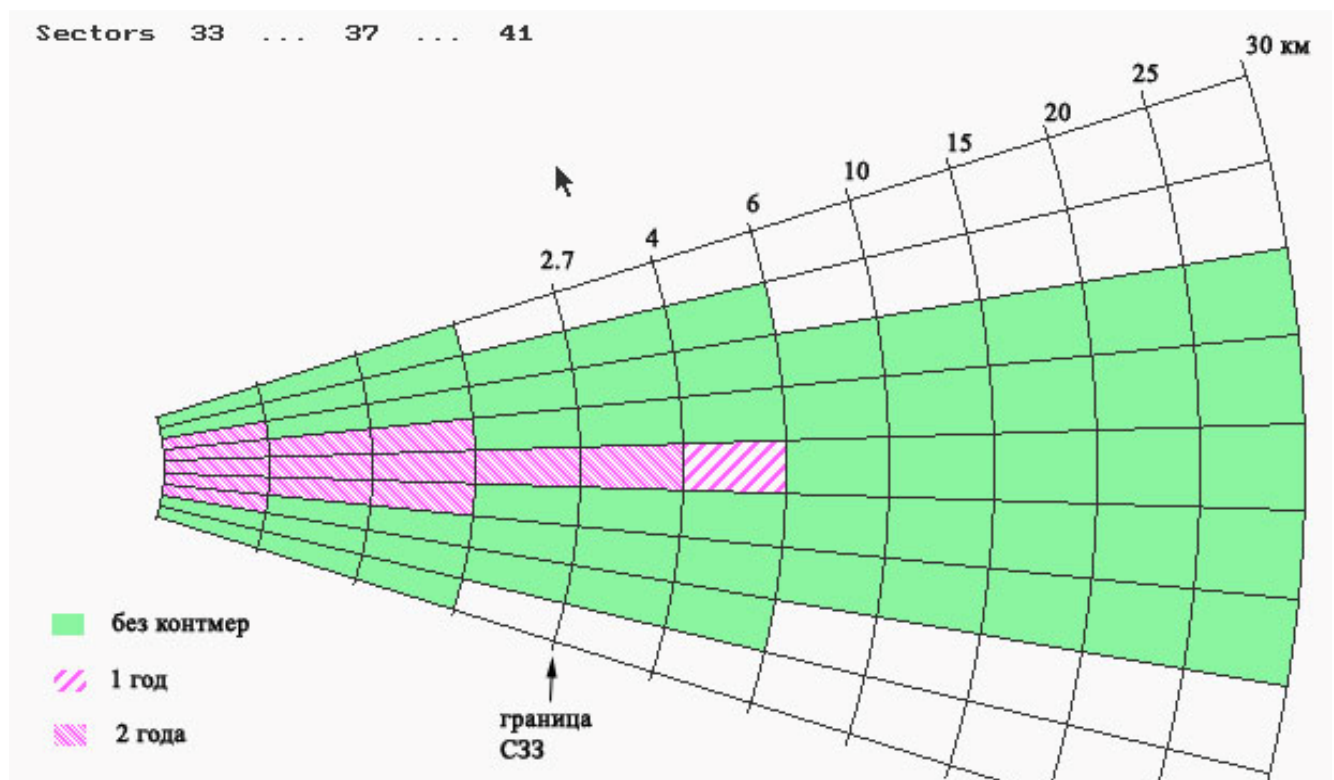
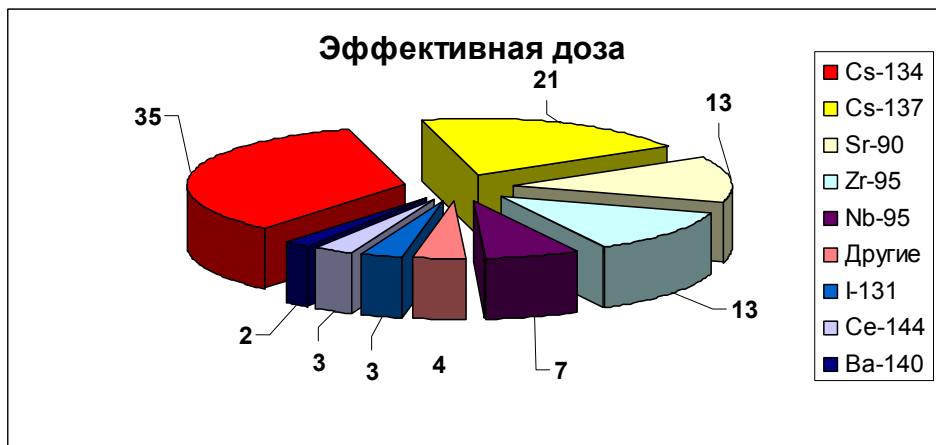


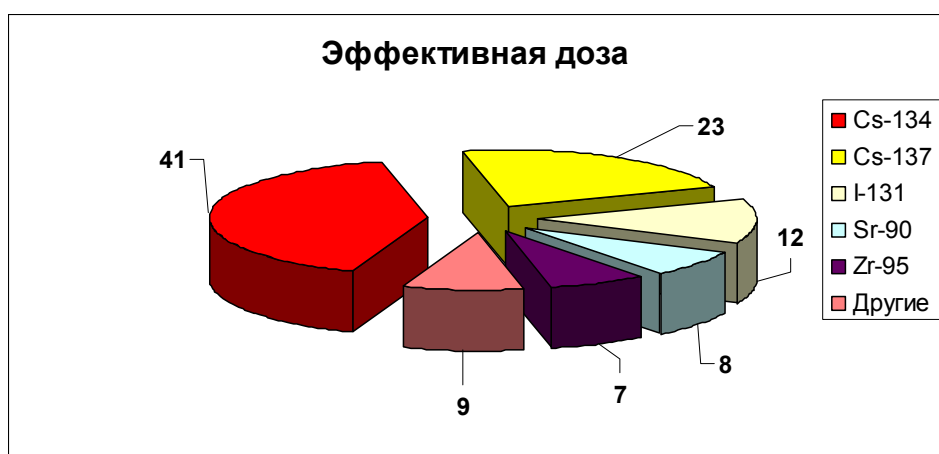
Рисунок 3.11 - Пространственное распределение территорий ЗН по необходимости введения ограничения на потребление зернопродуктов местного производства при МПА (схема)

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№док.	Подп.	Дата



С ограничением потребления местных продуктов питания

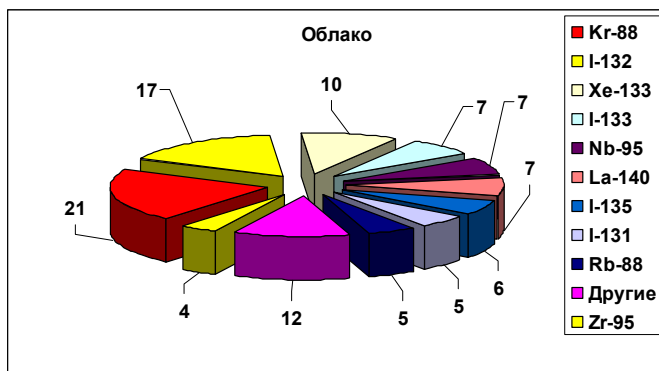


Без контрмер

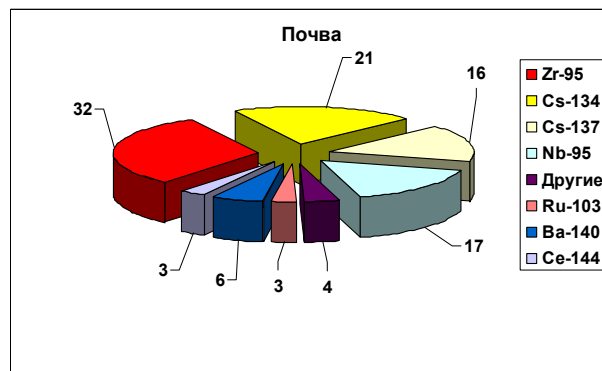
Рисунок 3.12 – Вклад (в процентах) радионуклидов аварийного выброса (МПА) в суммарную прижизненную ожидаемую эффективную дозу. Граница СЗЗ

Взам.инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

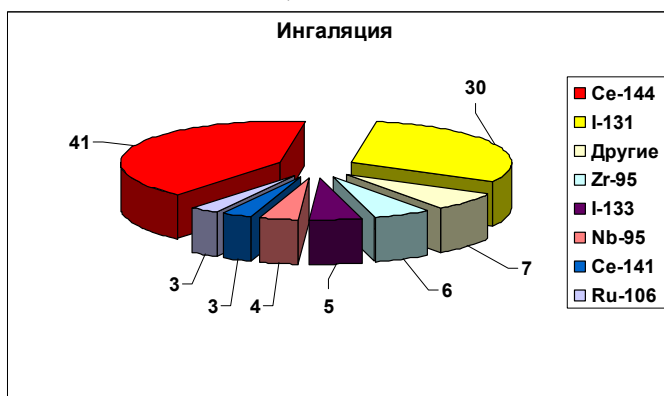
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата



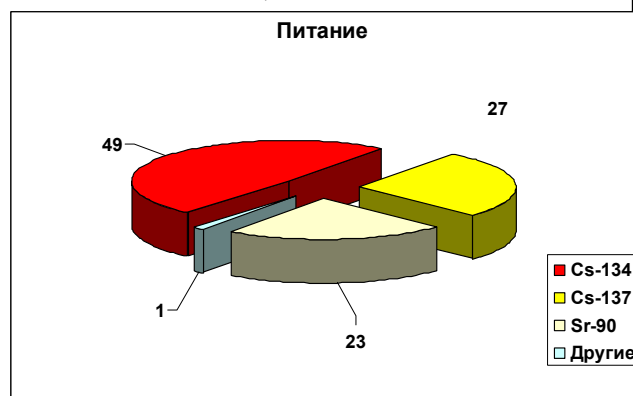
$1,42 \cdot 10^{-7}$ Зв



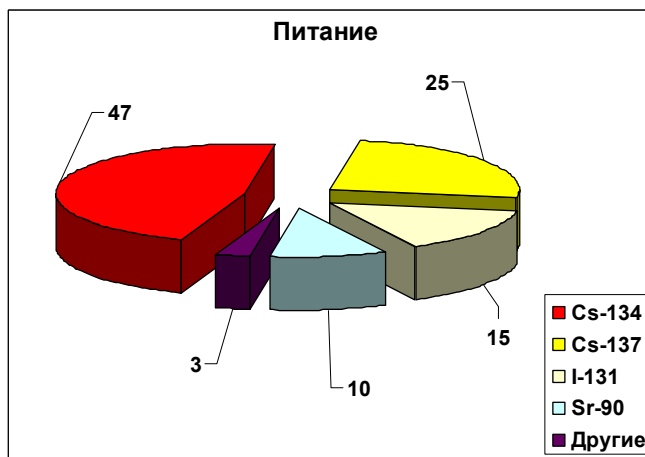
$1,57 \cdot 10^{-5}$ Зв



$2,26 \cdot 10^{-6}$ Зв



$2,27 \cdot 10^{-5}$ Зв



$6,31 \cdot 10^{-5}$ Зв (без контрмер)

Рисунок 3.13 – Пути формирования ожидаемой эффективной индивидуальной прижизненной дозы (в процентах). Граница СЗЗ

Инв. № подл.	
Подпись и дата	
Взам.инв. №	

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

3.3.1.2 Запроектная авария

Величины выброса для запроектной аварии и характеристика условий ее протекания приведены в части 3 данного документа. Запроектная авария с точки зрения оценки радиологических последствий отличается от проектной аварии мощностью выброса и интегральными величинами выброшенных радионуклидов. Для оценки дозовых нагрузок на население при ЗПА использованы те же методы, инструменты, подходы, что и при МПА.

3.3.1.2.1 Дозы острого периода

В результате проведенных расчетов получены зависимости ожидаемых эффективных доз острого периода аварии (две недели) для различных расстояний от источника по оси выброса (рисунок 3.14). Средняя суммарная эффективная доза (учитываются все пути воздействия кроме поступления радионуклидов с продуктами питания) на границе СЗЗ за этот период составит $1,1 \cdot 10^{-4}$ Зв. Согласно [13] нижние пределы оправданности проведения неотложных контрмер в терминах предотвращенной дозы на все тело составляют: укрытие - $5 \cdot 10^{-3}$ Зв; эвакуация - $5 \cdot 10^{-2}$ Зв; ограниченное пребывание на открытом воздухе - $2 \cdot 10^{-3}$ Зв. Исходя из максимальных оценок эффективной дозы на этом расстоянии ($5,1 \cdot 10^{-3}$ Зв) очевидно, существует вероятность необходимости введения ограничения пребывания населения на открытом воздухе до расстояний 4 км от источника выброса (рисунок 3.14). Численные значения эффективных доз острого периода (включая эквивалентные дозы на органы) приведены в приложении Г (таблица Г.1).

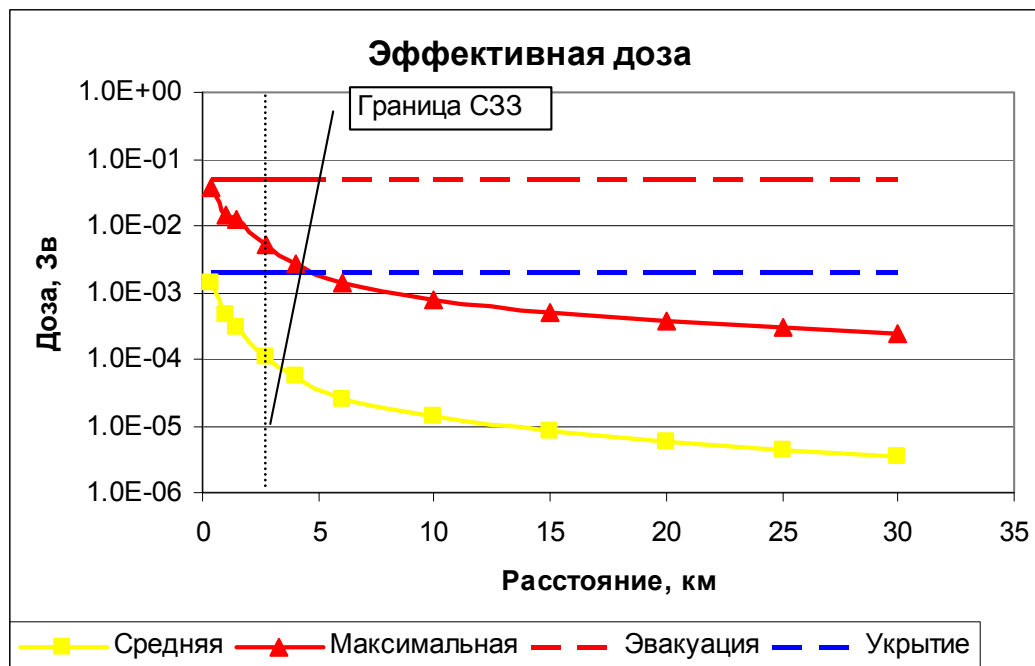
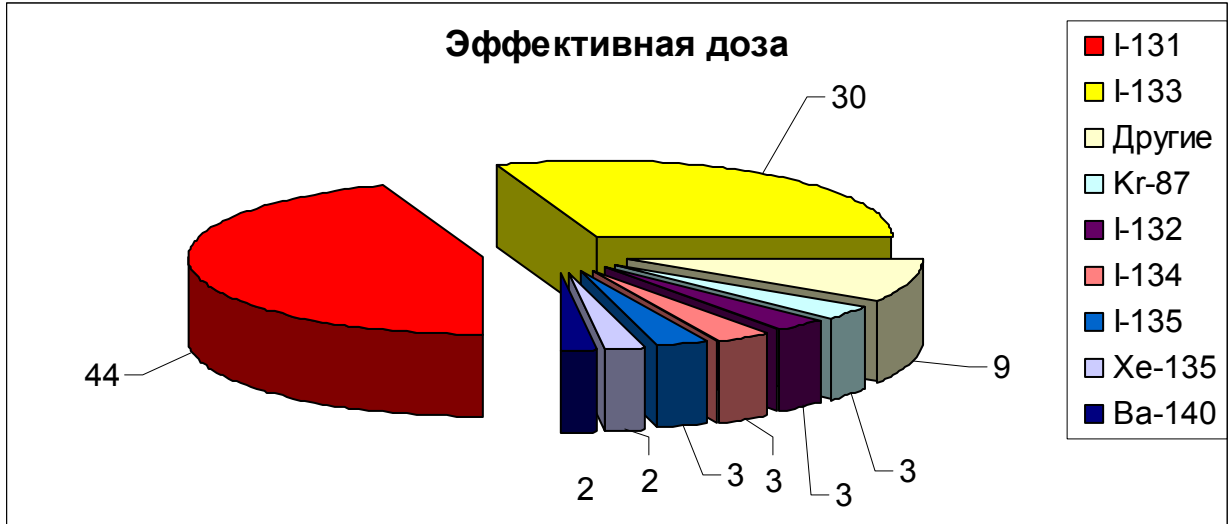


Рисунок 3.14 – Зависимость ожидаемой эффективной дозы острого периода (две недели) от расстояния. Нижние границы оправданности проведения контрмер (укрытие, эвакуация) [13]

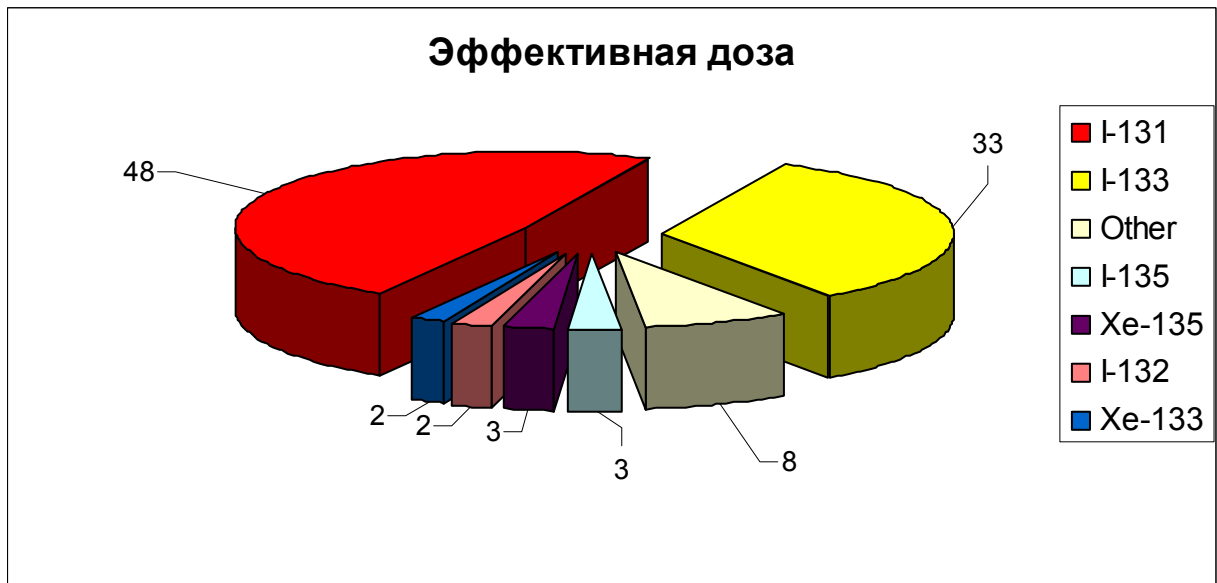
Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Полученные оценки показали, что для данной аварии в острый период ее протекания в независимости от расстояния от источника выброса основным дозообразующим радионуклидом является ¹³¹I (рисунок 3.22). Радиоизотопы йода в целом формируют более 80 % эффективной дозы острого периода аварии. На границе санитарно-защитной зоны суммарная эффективная доза в основном формируется за счет ингаляции (рисунок 3.16). С увеличением расстояния от источника выброса вклад этого пути в формирование суммарной дозы на расстояниях до 30 км остается основным.



Граница СЗЗ, $1,09 \cdot 10^{-4}$ Зв



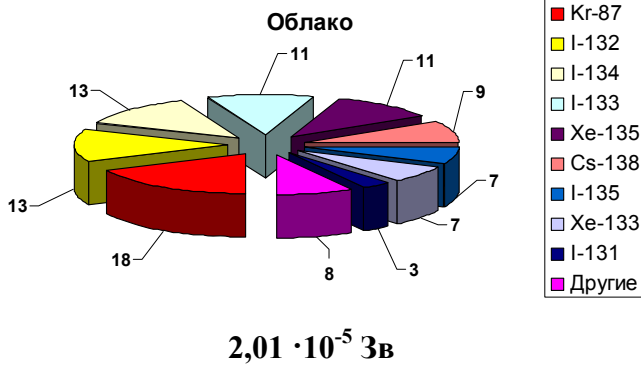
Расстояние 15 км от источника выброса, $8,29 \cdot 10^{-6}$ Зв

Рисунок 3.15 – Вклад (в процентах) радионуклидов аварийного выброса (ЗПА) в суммарную ожидаемую эффективную дозу острого периода

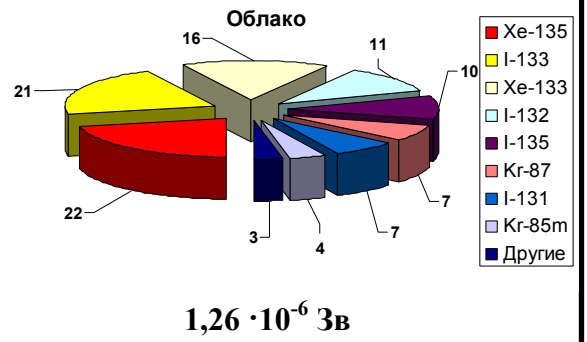
Взам.инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

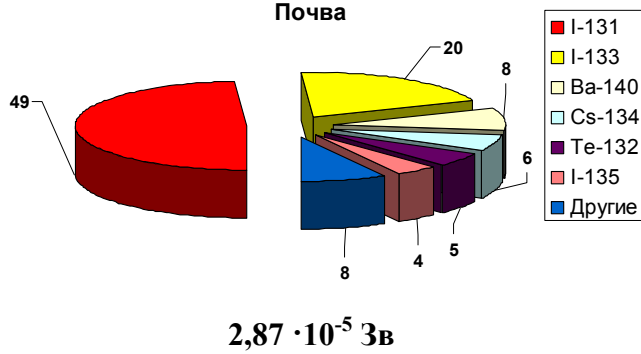
Граница СЗЗ



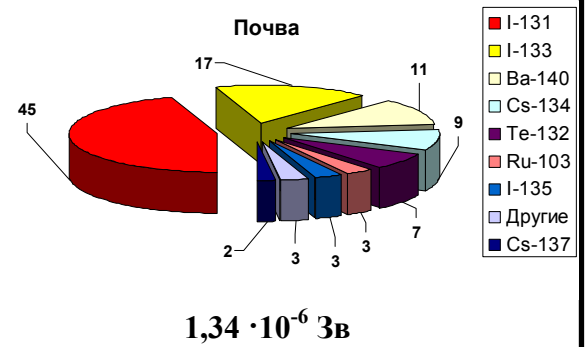
15 км



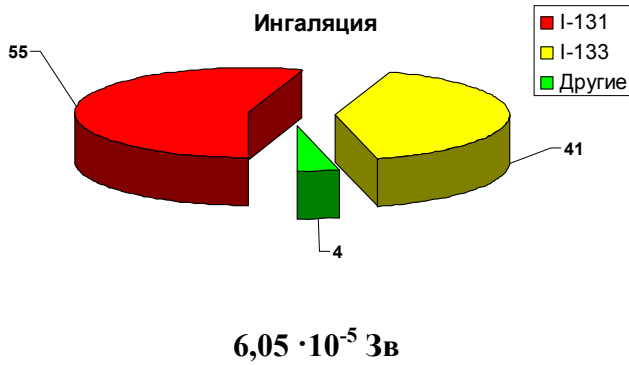
Почва



Почва



Ингаляция



Ингаляция

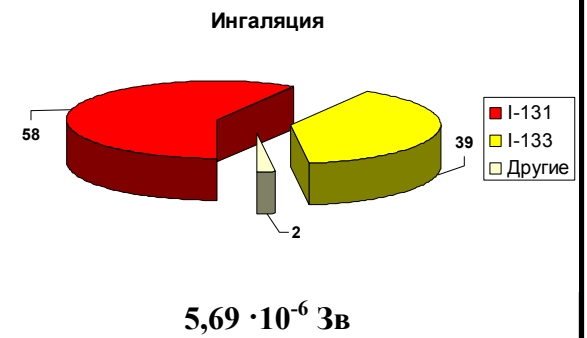


Рисунок 3.16 – Пути формирования ожидаемой эффективной дозы (в процентах) острого периода

Инв. № подл.	Взам. инв. №
	Подпись и дата

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

3.3.1.2.2 Прижизненные дозы

По консервативному сценарию, авария происходит непосредственно в момент уборки урожая. В таком случае, как было показано выше (раздел 2.3), в результате аэрального загрязнения сельскохозяйственных культур и пастбищной растительности, радиоактивное загрязнение сельскохозяйственной продукции в результате ЗПА может превышать установленные [13] критерии принятия решения об изъятии, замене и ограничении употребления такой продукции на расстояниях до 30 км. То есть существует вероятность проведения долгосрочных контрмер. Исходя из этого были рассмотрены два сценария оценки доз: без проведения контрмер и с введением запрета употребления сельскохозяйственной местной продукции, если она загрязнена выше нижних пределов оправданности [13]. Эти контрмеры могут быть реализованы переводом КРС на стойловое содержание. Это самый эффективный метод уменьшения дозовых нагрузок на население на ранней и средней стадиях аварии. Но эта контрмера при данном сценарии является не единственной. Также должно быть введено запрещение на потребление другой сельскохозяйственной продукции. Прежде всего - листовых овощей. На рисунках 3.17- 3.21 показано пространственное распределение загрязненных в результате ЗПА территорий по необходимости проведения введения запрета на потребление местной сельскохозяйственной продукции. Критическими территориями являются угодья, которые при аварии будут находиться на оси следа. Вероятность необходимости проведения контрмеры для них максимальна. Зависимость средней вероятности необходимости проведения контрмер от расстояния от источника выброса приведена в таблице 3.16. В таблице приведены полные площади секторов, а не территории на которых необходимо проводить контрмеры. Оценка экономического ущерба от введения запрета на потребление продукции местного производства приведена в части 16.

Это гипотетическое рассмотрение сценария, которое подтверждает эффективность данной контрмеры. Решение о проведении контрмер должно приниматься с учетом реальных данных о развитии той или иной аварийной ситуации.

Таблица 3.16– Зависимость средней вероятности необходимости проведения контрмер от расстояния от источника выброса

Расстояние, км	Площадь сектора, км ²	Молоко	Говядина	Листовые овощи	Корнеплоды	Картофель	Зерновые
0,4	0,01	9,72E-02	9,72E-02	1,25E-01	6,94E-02	6,94E-02	9,72E-02
1	0,04	6,94E-02	6,94E-02	6,94E-02	4,17E-02	4,17E-02	6,94E-02
1,5	0,05	6,94E-02	6,94E-02	6,94E-02	4,17E-02	4,17E-02	4,17E-02
2,7	0,22	4,17E-02	4,17E-02	6,94E-02	4,17E-02	4,17E-02	4,17E-02
4	0,38	4,17E-02	4,17E-02	4,17E-02	1,39E-02	1,39E-02	4,17E-02
6	0,87	4,17E-02	4,17E-02	4,17E-02	1,39E-02	1,39E-02	4,17E-02
10	2,79	4,17E-02	1,39E-02	4,17E-02	1,39E-02	1,39E-02	1,39E-02
15	5,45	4,17E-02	1,39E-02	4,17E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-02
20	7,64	1,39E-02	1,39E-02	1,39E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-02
25	9,82	1,39E-02	1,39E-02	1,39E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-02
30	12,00	1,39E-02	1,39E-02	1,39E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-02

Взам.инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
------	--------	------	--------	-------	------

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Лист

65

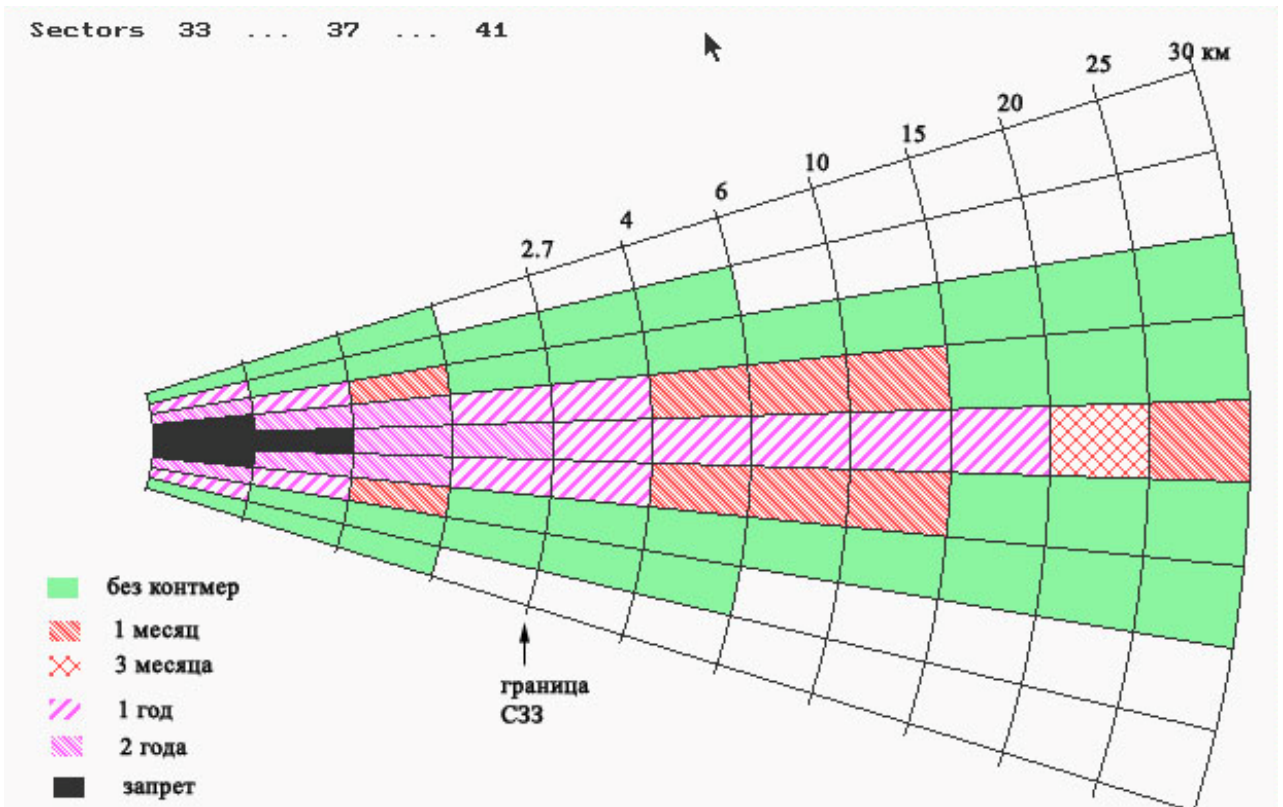


Рисунок 3.17 - Пространственное распределение территорий ЗН по необходимости введения ограничения на потребление молока местного производства при ЗПА (схема)

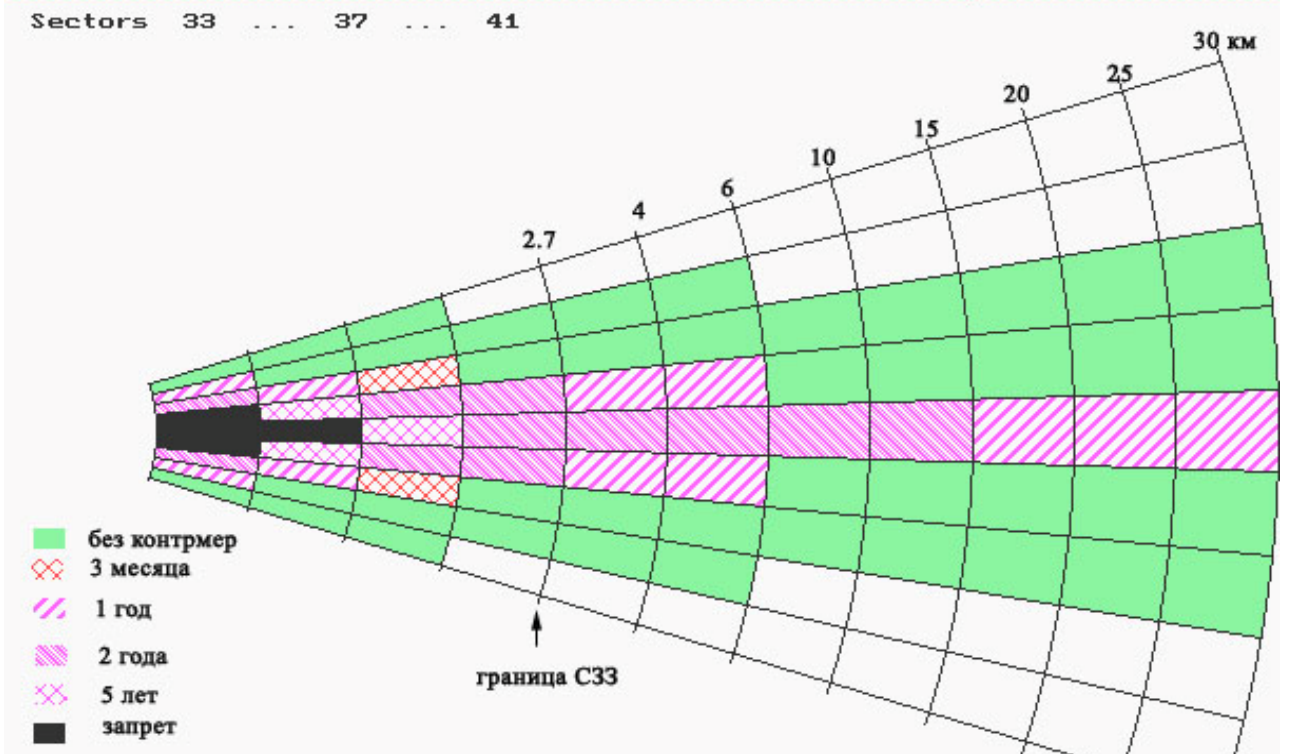


Рисунок 3.18 - Пространственное распределение территорий ЗН по необходимости введения ограничения на потребление говядины местного производства при ЗПА (схема)

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

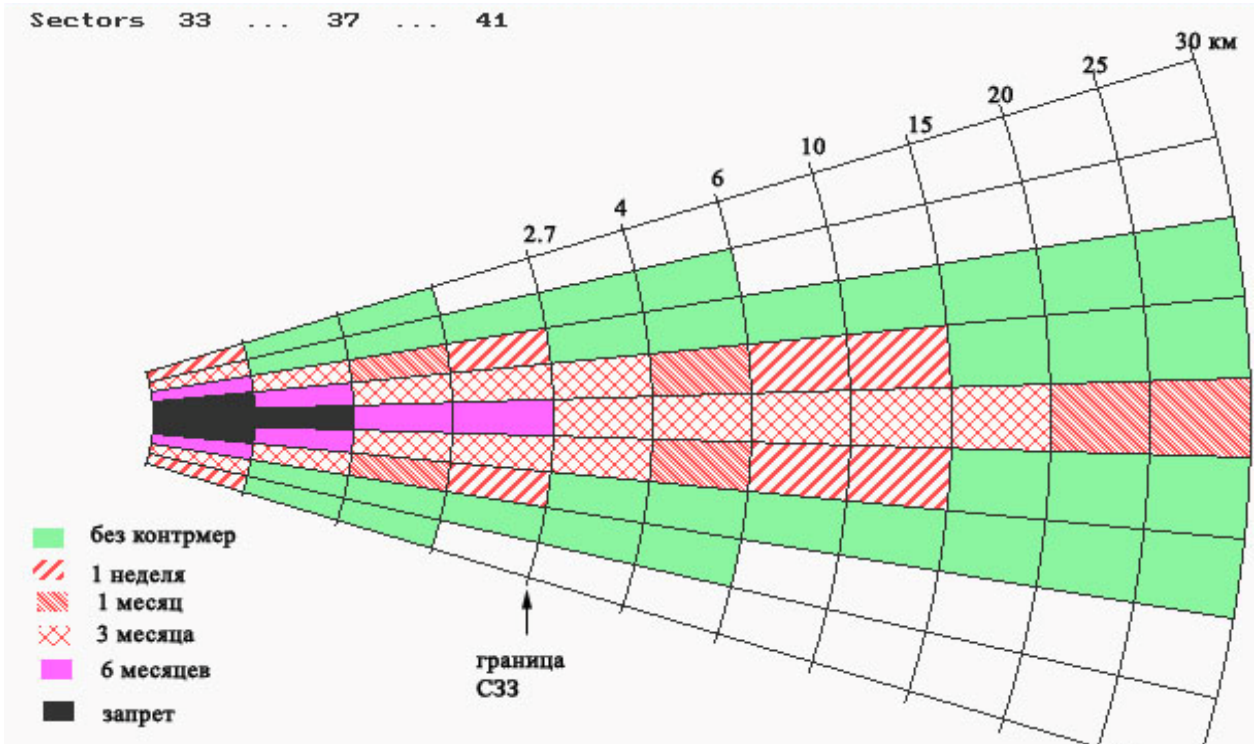


Рисунок 3.19 - Пространственное распределение территорий ЗН по необходимости введения ограничения на потребление листовых овощей местного производства при ЗПА (схема)

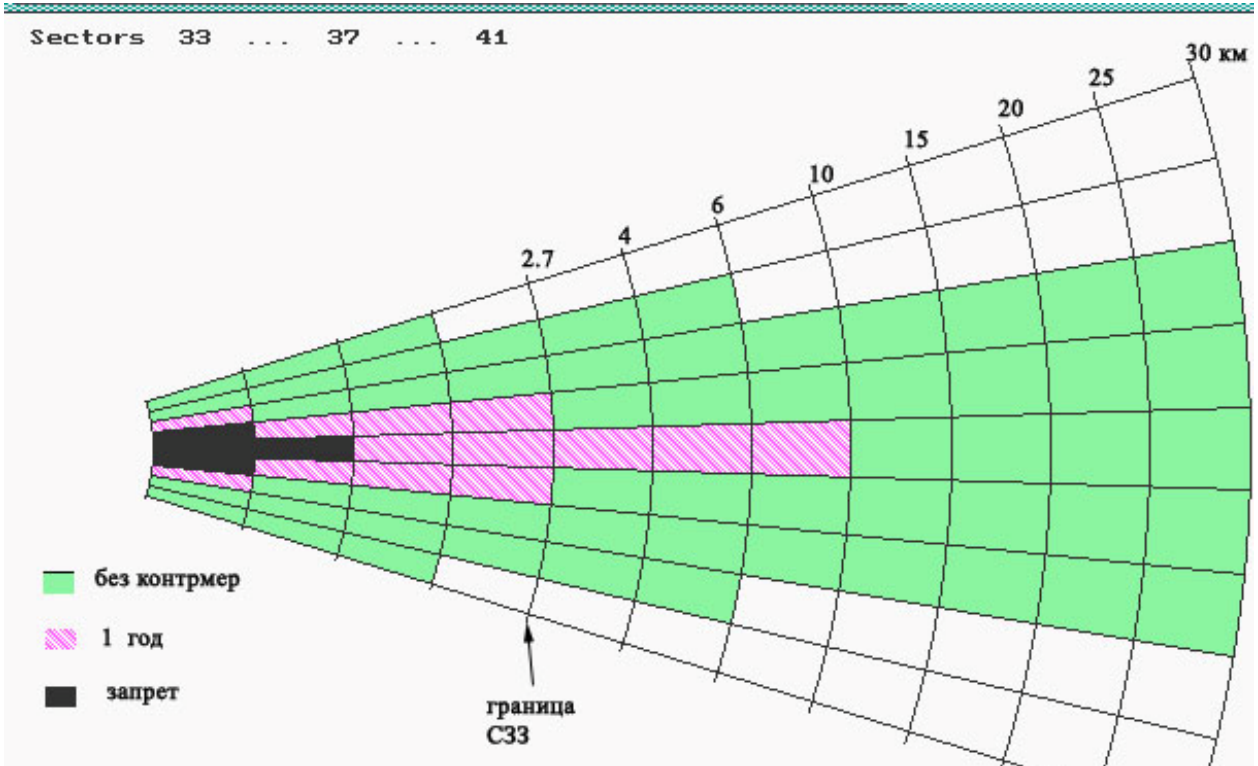


Рисунок 3.20 - Пространственное распределение территорий ЗН по необходимости введения ограничения на потребление корнеплодов местного производства при ЗПА (схема)

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

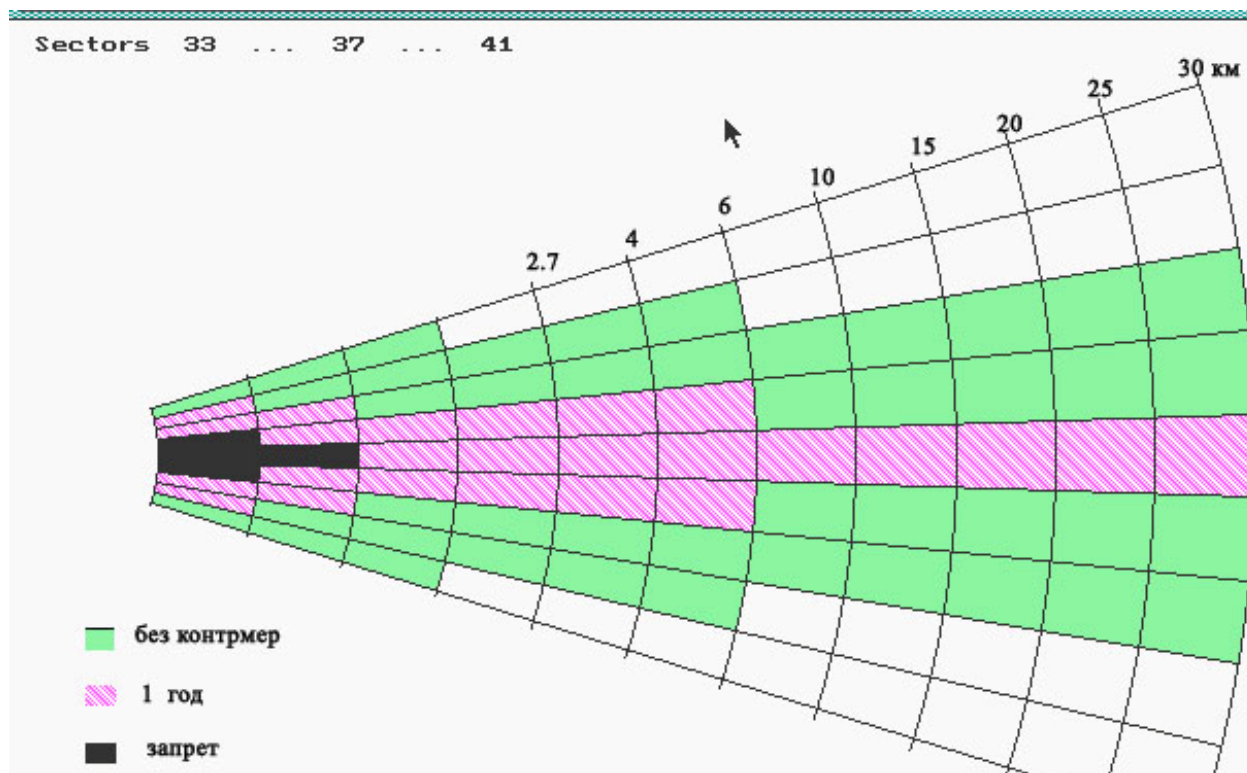


Рисунок 3.21 - Пространственное распределение территорий ЗН по необходимости введения ограничения на потребление зерновых местного производства при ЗПА (схема)

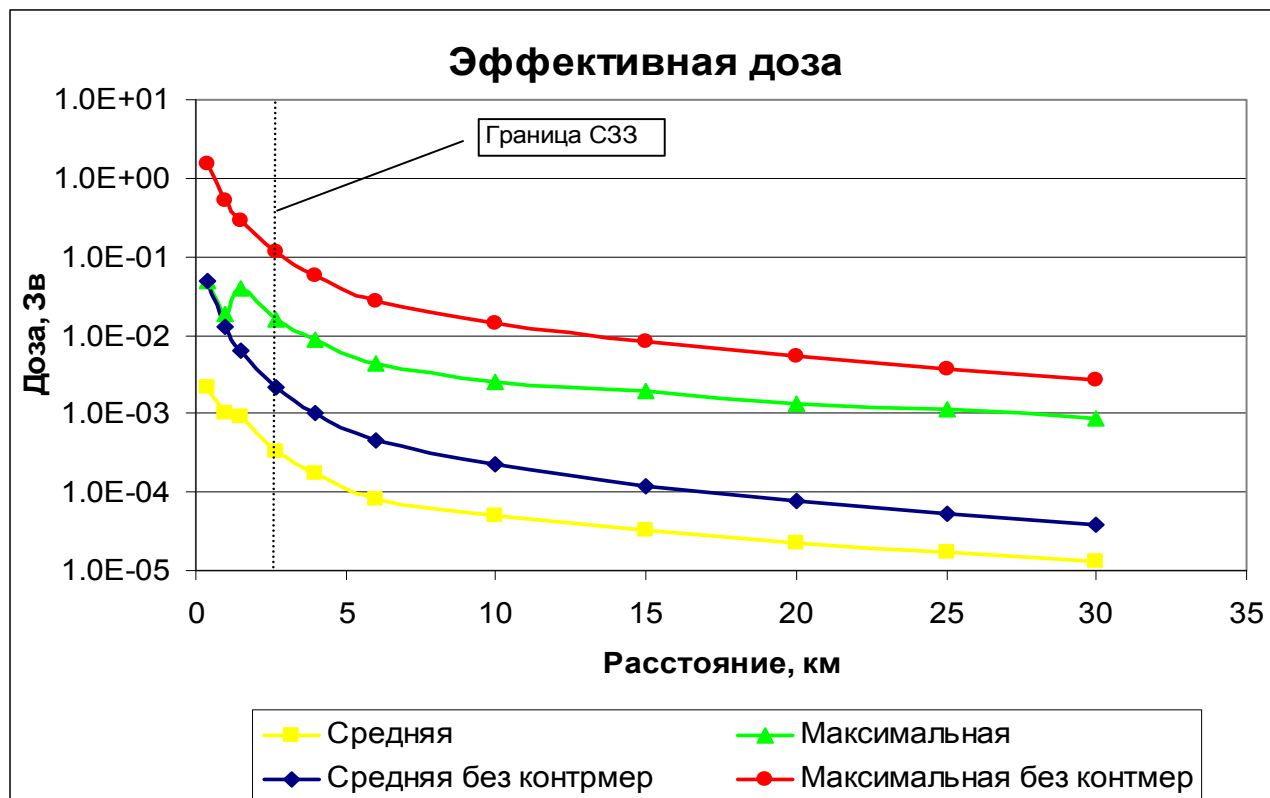
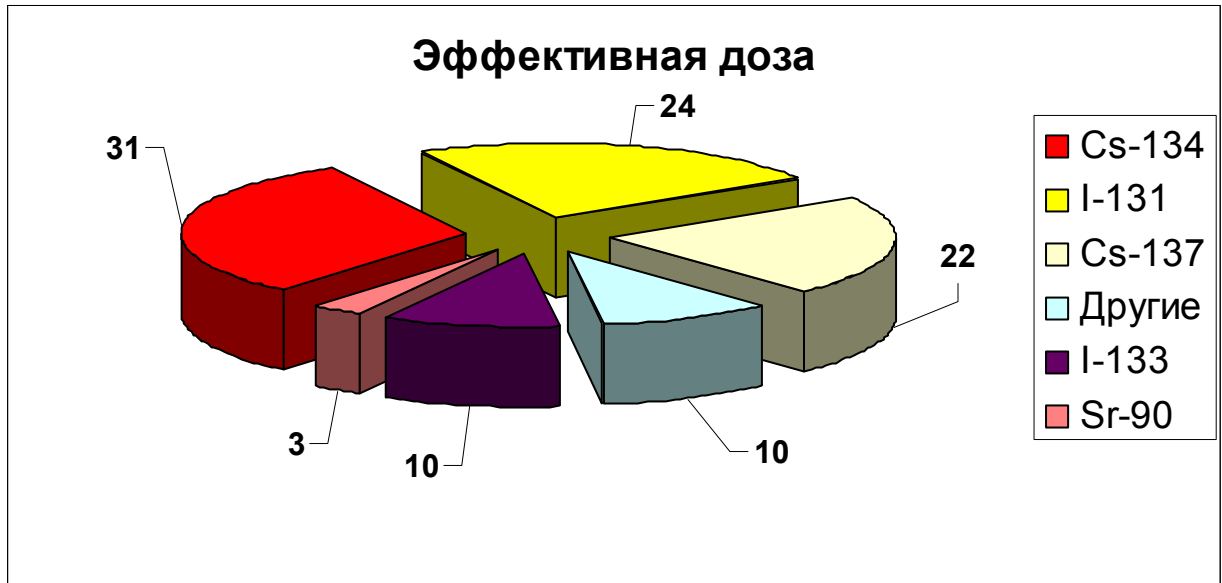


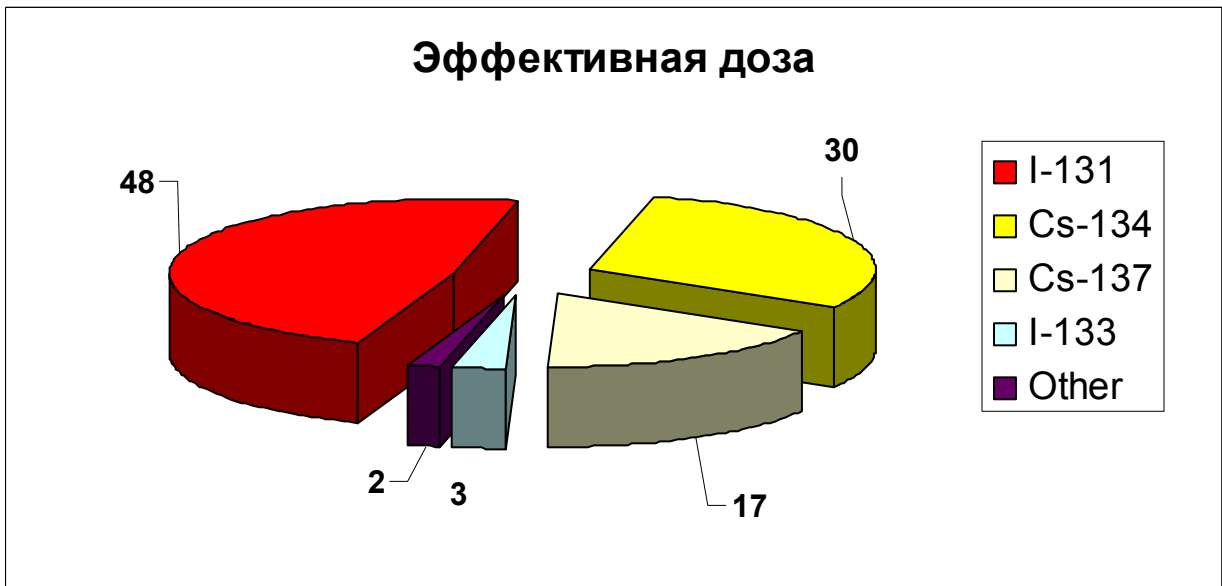
Рисунок 3.22 – Зависимость прижизненной ожидаемой эффективной дозы от расстояния. Сценарии без проведения контрмер и с запрещением потребления продуктов питания согласно критериям [13]

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата



С ограничением потребления местных продуктов питания



Без контрмер

Рисунок 3.23 – Вклад (в процентах) радионуклидов аварийного выброса (МПА) в суммарную прижизненную ожидаемую эффективную дозу. Граница СЗЗ

Ниже приведены (рисунок 3.22) полученные оценки зависимостей индивидуальных эффективных прижизненных (за 50 лет) доз на население от расстояния. Средняя эффективная доза на границе СЗЗ для сценария с введением запрета на потребление местной сельскохозяйственной продукции составила $3,2 \cdot 10^{-4}$ Зв. Для сценария без проведения контрмер эта доза более чем на порядок величин больше ($2,2 \cdot 10^{-3}$ Зв). Таким образом

Взам.инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

проведение данной контрмеры может значительно уменьшить дозу на население. С увеличением расстояния от источника выбросов дозы быстро уменьшаются, и уже на расстоянии 30 км составляют $2,2 \cdot 10^{-5}$ Зв. Численные значения эффективных прижизненных доз без применения контрмер и с введением запрета на потребление продукции приведены в приложении Д. Эти данные включают эквивалентные дозы на органы, которые могут быть использованы для оценки рисков возникновения стохастических эффектов от облучения.

Вклад различных радионуклидов в суммарную прижизненную дозу для различных сценариев сильно отличается (рисунок 3.23). При применении контрмер основными дозообразующими радионуклидами являются изотопы цезия – 53% и ^{131}I – 24%. Без проведения контрмер основной вклад в суммарную дозу вносит ^{131}I (около 48 %). Проведение данных контрмер позволяет уменьшить поступление радионуклидов с продуктами питания местного производства и тем самым уменьшить общий вклад пищевой цепочки в формировании суммарной дозы (рисунок 3.24). Поступление радионуклидов в организм с продуктами питания является основным путем формирования дозы.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							Лист
									70
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	43-814.203.004.ОЭ.13.11			

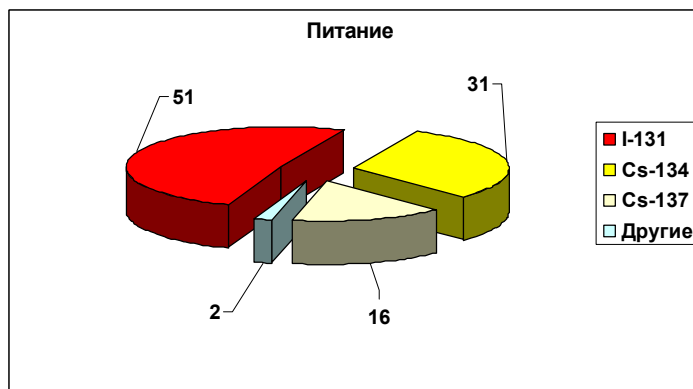
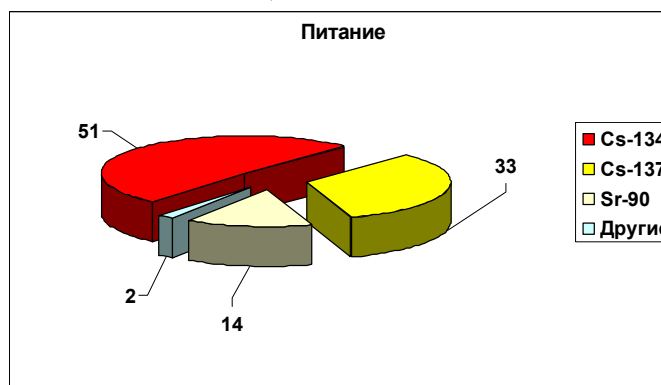
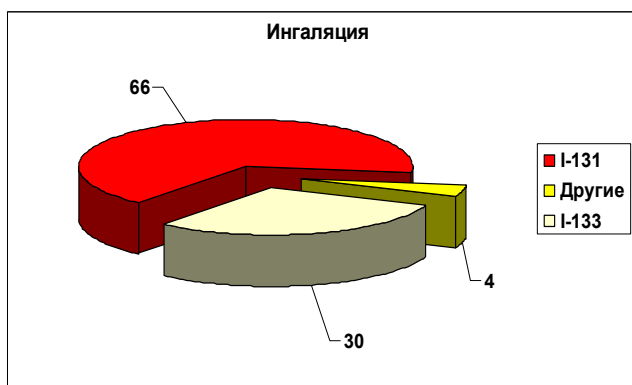
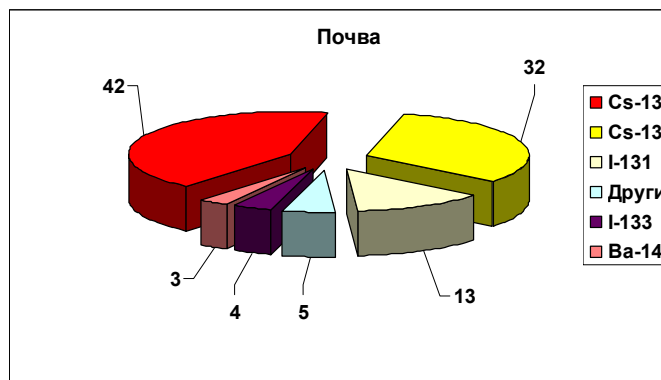
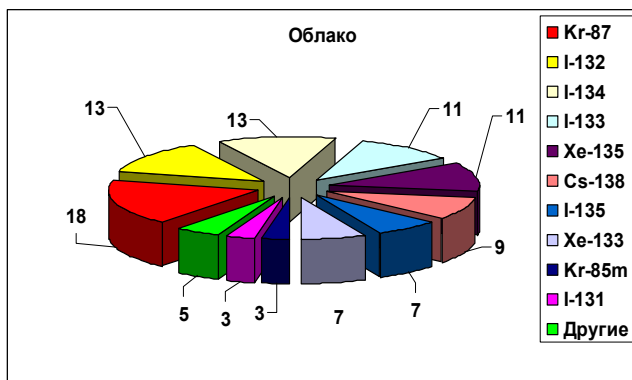


Рисунок 3.24– Пути формирования ожидаемой эффективной индивидуальной прижизненной дозы (в процентах) при ЗПА. Граница СЗЗ

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Выводы

1) Проведенный анализ показал, что для ЗН ХАЭС критическим источником поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию при вероятных авариях будут луга и пастбища, расположенные в пойме реки Горынь. Следовательно, критическим путем миграции радионуклидов как на ранней фазе аварии, так и на последующих, будет цепочка пастбища-животные-продукция животноводства-человек.

2) Экспериментальные исследования и анализ литературных источников показали, что техногенное радиоактивное загрязнение объектов окружающей среды, включая продукцию сельскохозяйственного производства, в ЗН ХАЭС находится на низком уровне. Наблюдается устойчивая тенденция к уменьшению содержания ^{137}Cs (глобальные выпадения, выпадения в результате аварии на ЧАЭС) в следствие его радиоактивного распада.

3) Проведенные расчеты с учетом реальных почвенных условий ЗН ХАЭС и расчетных полей концентраций радионуклидов показали, что максимальное дополнительное загрязнение сельскохозяйственной продукции радионуклидами (корневой путь поступления, ^{137}Cs) при нормальной эксплуатации станции будет пренебрежимо мало (менее 0,01 %) по сравнению с существующими уровнями содержания естественных и техногенных радионуклидов в продуктах питания населения.

4) Проведенные оценки загрязнения сельскохозяйственной продукции при МПА и ЗПА показали, что в результате аэрального загрязнения на ранних стадиях аварий возможно превышение допустимых уровней содержания радионуклидов. На расстояниях до 30 км от источника выброса радиоактивное загрязнение сельскохозяйственной продукции может превышать установленные [13] низшие уровни оправданности вмешательства и действий по ограничению потребления сельскохозяйственной продукции местного производства. Следует подчеркнуть, что указанные ограничения потребления продуктов питания местного производства получены исходя из нижних границ оправданности по НРБУ. При использовании безусловно оправданных уровней вмешательства (для принятия решений об изъятии, замене и ограничении потребления радиоактивно-загрязненных продуктов питания) по НРБУ, параметры ограничений (время запрета, площади земельных угодий и т.п) могут быть существенно меньше. Решение об ограничении, или о полном изъятии (и замене) отдельных продуктов питания, в соответствии с [13], является объектом оптимизации.

5) Согласно приведенным результатам расчетов при аварийных ситуациях, в качестве основных дозообразующих радионуклидов для биоценозов можно рассматривать короткоживущие радионуклиды. С учетом этого можно утверждать, что суммарные годовые дозы облучения агроэкосистем как при нормальной работе энергоблока, так и при рассматриваемых авариях за пределами не должны достичь уровней доз, приводимых в разделе 3.1.1 и вызывающих возникновение обнаруживаемых негативных эффектов.

6) Согласно [13], население, проживающее вблизи АЭС, может получить дозу облучения за счет газо-аэрозольных выбросов АЭС, не превышающую 4 % предельной дозы, т.е. < 40 мкЗв/год, причем эта доза формируется по всем путям воздействия. Проведенная для консервативных условий оценка показала, что на границе СЗЗ эффективная годовая доза с учетом всех путей воздействия для критической группы населения составила 0,6 мкЗв. Максимальная расчетная эффективная индивидуальная доза 2,8 мкЗв/год получена на расстоянии 0,5 км в восточном направлении от станции. На расстоянии 25 км суммарная эффективная доза уменьшается до сотых мкЗв.

7) Оценены индивидуальные эффективные дозы на население в результате МПА. Проведенные консервативные оценки с учетом всех путей воздействия показали, что на границе СЗЗ средняя индивидуальная прижизненная доза может составить 80 мкЗв. Основными дозообразующими радионуклидами являются изотопы цезия, ^{95}Zr , ^{95}Nb . С введением запрета на потребление сельскохозяйственной продукции местного производства

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№доку.	Подп.	Дата

эта доза может быть уменьшена до 40 мкЗв, при этом запрет не является обязательным [13]. Согласно критериям [13] нет необходимости в реализации укрытия, эвакуации населения. Дозы не достигают порога возникновения детерминированных эффектов. Индивидуальные риски возникновения стохастических эффектов для населения находятся на приемлемом уровне [13] (смотри часть 16 настоящего ОВОС).

8) Оценены индивидуальные эффективные дозы на население в результате ЗПА. Проведенные консервативные оценки с учетом всех путей воздействия показали, что на границе СЗЗ средняя индивидуальная прижизненная доза может составить 2,2 мЗв. Основным дозообразующими радионуклидами являются изотопы цезия и йода. С введением запрета на потребление сельскохозяйственной продукции местного производства эта доза может быть уменьшена до 0,3 мЗв, при этом запрет не является обязательным [13]. Согласно критериям [13] за пределами СЗЗ нет необходимости в реализации укрытия, эвакуации населения. Дозы не достигают порога возникновения детерминированных эффектов. Индивидуальные риски возникновения стохастических эффектов для населения в случае не проведения контрмер превышают границу индивидуального риска [13] на расстояниях до 4 км от источника выброса (смотри Часть 16 настоящего ОВОС). В случае проведения контрмер (ограничение пребывания населения на открытом воздухе) индивидуальные риски возникновения стохастических эффектов не превышают границу индивидуального риска для населения [13] (смотри часть 16 настоящего ОВОС).

9) Исходя из полученных значений доз при рассматриваемых авариях, можно сделать вывод, что имеющиеся в настоящее время СЗЗ и ЗН ХАЭС, в соответствии с [13, 29], не требуют расширения при введении в эксплуатацию энергоблоков № 3 и 4. Размер СЗЗ и ЗН для ХАЭС, с учетом эксплуатации четырех энергоблоков, будет подробно рассмотрен и обоснован в ПОАБ, в соответствующих с действующими на момент написания ПОАБ нормативными документами.

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Лист

73

Перечень принятых сокращений

ЕРН	-	естественные радионуклиды
ЗН	-	зона наблюдения
ЗПА	-	запроектная авария
ИРН	-	искусственные радионуклиды
КН	-	коэффициент накопления
КРС	-	крупный рогатый скот
МАГАТЭ	-	Международное Агентство по Атомной Энергии
МКРЗ	-	Международная комиссия по радиационной защите
МПА	-	максимальная проектная авария
НДИСГР	-	науково - дослідний інститут сільськогосподарської радіології
НУЭ	-	нормальные условия эксплуатации
ОВОС	-	Оценка воздействий на окружающую среду
ПА	-	проектная авария
РБГ	-	радиоактивные благородные газы
СЗЗ	-	санитарно-защитная зона
ХАЭС	-	Хмельницкая атомная электростанция
ЧАЭС	-	Чернобыльская атомная станция

Взам.инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Лист

74

Список ссылочных нормативных документов и литературы

- 1 ДБН А.2.2-1-2003 Состав и содержание материалов оценки воздействий на окружающую среду (ОВОС) при проектировании и строительстве предприятий, зданий и сооружений. Государственный комитет Украины по строительству и архитектуре. Киев, 2004.
- 2 ДГН 6.6.1. - 6.5.061-2000 Норми радіаційної безпеки України доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення (НРБУ-97/Д-2000).
- 3 Сельскохозяйственная радиоэкология. Под редакцией Алексахина Р.М., Корнеева Н.А. – М.: Экология, 1992.-400с.
- 4 Пристер Б.С. Сельскохозяйственные аспекты Чернобыльской катастрофы. В сб. "Проблемы сельскохозяйственной радиологии". Вып.4. –Киев. 1996.
- 5 Э.Б. Тютюканова, Н.И.Конова, В.В.Емельянов Водная миграция стронция-90. Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР. М.: 1973.
- 6 Бобовникова Ц.И., Середа Г.А., Шуленко З.С. Соотношение между содержанием стронция-90 в выпадениях, почве и реках по данным измерений за 1961-67 гг. в Подмоскowie. В сб."Радиоактивность атмосферы, почвы и пресных вод." Гидрометеоздат, М.:-1970.
- 7 Helton J.C., Muller A.B. and Bayer A. Contamination of Surface of Water Bodies after Reactor Accident by the Erosion of Atmospherically Deposited Radionuclides. Health Phys. 48 №6 (1985), 757-771.
- 8 Б.С. Пристер, Н.А. Лоцилов, О.Ф.Немец, В.А.Поярков Основы сельскохозяйственной радиологии. К.: Урожай, 1991.- С.203.
- 9 Анненков Б.Н., Юдинцева Е.В. Основы сельскохозяйственной радиологии.- М.:Агропромиздат, 1991.-287с.
- 10 Ведення сільського господарства в умовах радіоактивного забруднення території України внаслідок аварії на ЧАЕС на період 1999-2002 рр.(Методичні рекомендації). Київ. – 1998. –103с.
- 11 Марей А.Н.,Бархударов Р.М.,Новикова Н.Я.Глобальные выпадения цезия-137 и человек.-М.: Атомиздат, 1974.-168 с.
- 12 <http://www.menr.gov.ua/protection/protection1/khmelnytska>. Екологічний паспорт Хмельницької області. Затверджено 23.06.2015 Головою Хмельницької ОДА Загородним М.В.
- 13 Норми радіаційної безпеки України(НРБУ-(97); Державні гігієнічні нормативи. – Київ: Відділ поліграфії Українського центру держсанепідемнагляду МОЗ України, 1997. – 121с.
- 14 Гігієнічний норматив ГН 6.6.1.1-130-2006. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr у продуктах харчування та питній воді (ДР-2006).–Київ, 2006.
- 15 Whicker, F.W. and Schultz, V. Radioecology: Nuclear Energy and the Environment, Volume II. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 1982.
- 16 Jacobi, W. and Paretzke, H.G. Consideration of radiation exposure of trees by natural and artificial sources. GSF 5/86, 1986.
- 17 А.А.Моисеев, В.И.Иванов. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене. М.:Энергоатомиздат, 1990. – 252 с.
- 18 В.П.Машкович. Защита от ионизирующих излучений. Справочник. М.:Энергоатомиздат, 1982. – 296 с.
- 19 Т. А. Павленко, И. П. Лось Существующие дозы облучения населения Украины. Ядерна та радіаційна безпека. №1, 2009.
- 20 ICRP Publication 66. Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection. — Oxford: Pergamon Press, 1994. — 482 p. (Публикация 66 МКРЗ, Модель респираторного тракта человека для радиологической защиты).

Взам.інв. №

Полісь и дата

Инв. № подл.

Лист

43-814.203.004.ОЭ.13.11

75

Изм.	Кодуч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

21 Н.Г.Гусев, В.А.Беляев. Радиоактивные выбросы в биосфере. Справочник. М.:Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.

22 Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасности источников излучений, МАГАТЭ,1994, 205 с.

23 Modelling of resuspension, seasonality and losses during food processing. First report of the VAMP Terrestrial Working Group/ IAEA-TECDOC-647. 1992.

24 Eckerman K. F, Leggett R. W., 1996. DCFPAK: Dose coefficient data file package for Sandia National Laboratory, Oak Ridge National Laboratory Report ORNL/LM13347, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge.

25 ICRP Publication 56. Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: — Part 1. Ann. ICRP 20 (2), 1989.

26 ICRP Publication 67. Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: — Part 2. Ingestion Dose Coefficients. — Oxford: Pergamon Press, 1993. — 166 p.

27 ICRP Publication 69. Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: — Part 3. Ann. ICRP 25 (1), 1995.

28 GENERIC MODELS FOR USE IN ASSESSING THE IMPACT OF DISCHARGES OF RADIOACTIVE SUBSTANCES TO THE ENVIRONMENT. Safety report series No19, IAEA, Vienna,2001.

29 НП 306.2.144-2008. Вимоги з безпеки до вибору майданчика для розміщення АС. Київ. ДКЯРУ. 2008.

Взам.инв. №					
	Подпись и дата				
Инв. № подл.					
	43-814.203.004.09.13.11				
Лист	76				
Изм.	Кодуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

**Приложение А
(обязательное)**

Пути формирования ожидаемой годовой эффективной дозы от газо-аэрозольных выбросов при нормальной эксплуатации ХАЭС

Таблица А.1 - Пути формирования эффективной ожидаемой годовой дозы от газо-аэрозольных выбросов при нормальной эксплуатации ХАЭС на различном удалении от станции, мкЗв/год. Азимут 0°

Радионуклид	0,5 км				1 км			
	Облако	Ингаляция	Почва	Питание	Облако	Ингаляция	Почва	Питание
¹⁴⁰ Ba	2,39E-11	4,72E-09	3,04E-09	1,12E-09	2,36E-11	4,68E-09	3,01E-09	1,11E-09
¹⁴¹ Ce	4,18E-12	1,19E-09	1,40E-09	8,35E-10	4,14E-12	1,18E-09	1,38E-09	8,28E-10
¹⁴⁴ Ce	3,03E-13	2,65E-11	9,84E-10	1,17E-07	3,00E-13	2,62E-11	9,76E-10	1,16E-07
⁵⁸ Co	6,93E-11	7,86E-10	4,69E-08	9,11E-09	6,87E-11	7,80E-10	4,65E-08	9,03E-09
⁶⁰ Co	1,44E-10	9,13E-09	2,47E-06	4,40E-07	1,43E-10	9,05E-09	2,45E-06	4,36E-07
⁵¹ Cr	2,48E-11	2,95E-10	6,69E-09	3,77E-10	2,46E-11	2,93E-10	6,64E-09	3,73E-10
¹³⁴ Cs	7,82E-08	5,31E-06	5,64E-04	3,19E-03	7,75E-08	5,27E-06	5,59E-04	3,16E-03
¹³⁷ Cs	1,93E-08	6,70E-06	1,33E-03	4,76E-03	1,91E-08	6,65E-06	1,32E-03	4,72E-03
⁵⁹ Fe	1,45E-11	1,38E-10	5,80E-09	6,52E-10	1,44E-11	1,37E-10	5,75E-09	6,47E-10
³ H ¹⁾				1,09E-01				1,09E-01
¹³¹ I	4,64E-06	4,86E-04	9,18E-04	1,71E-03	1,62E-06	1,27E-04	3,21E-04	5,99E-04
¹³² I	3,76E-05	8,10E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,48E-05	3,19E-06	0,00E+00	0,00E+00
¹³³ I	1,68E-05	2,20E-04	3,55E-04	1,36E-06	5,61E-06	7,36E-05	1,19E-04	4,55E-07
¹³⁵ I	2,96E-05	2,95E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,04E-05	1,04E-05	0,00E+00	0,00E+00
⁵⁴ Mn	1,67E-11	1,57E-10	4,94E-08	1,27E-08	1,65E-11	1,56E-10	4,90E-08	1,26E-08
⁹⁵ Nb	8,57E-11	1,06E-09	2,86E-08	2,25E-09	8,49E-11	1,05E-09	2,84E-08	2,23E-09
¹⁰³ Ru	1,13E-11	3,88E-10	4,37E-09	9,36E-10	1,12E-11	3,85E-10	4,33E-09	9,28E-10
¹⁰⁶ Ru	3,43E-13	4,25E-10	6,99E-10	2,37E-08	3,40E-13	4,21E-10	6,93E-10	2,35E-08
⁹⁰ Sr	4,49E-16	2,45E-09	0,00E+00	9,83E-07	4,45E-16	2,43E-09	0,00E+00	9,74E-07
¹³² Te	2,22E-11	1,05E-09	0,00E+00	0,00E+00	2,20E-11	1,04E-09	0,00E+00	0,00E+00
⁹⁵ Zr	4,19E-09	2,04E-07	2,58E-06	5,02E-07	4,16E-09	2,02E-07	2,56E-06	4,98E-07
⁴¹ Ar	4,11E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,18E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁵ Kr	3,76E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,73E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Инв. № Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Лист

77

Радионуклид	0,5 км				1 км			
	Облако	Ингаляция	Почва	Питание	Облако	Ингаляция	Почва	Питание
^{85m} Kr	5,47E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,41E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁷ Kr	1,34E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,33E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁸ Kr	1,44E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,76E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁹ Kr	1,16E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,34E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{131m} Xe	8,27E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,94E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
¹³³ Xe	2,27E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,98E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{133m} Xe	5,12E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,09E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
¹³⁵ Xe	1,96E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,49E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{135m} Xe	1,82E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,97E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
¹³⁷ Xe	6,16E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,21E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
¹⁴ C				2,70E-07				2,68E-07
Сумма	2,12E+00	7,56E-04	3,17E-03	1,19E-01	1,47E+00	2,26E-04	2,32E-03	1,17E-01
СУММА	2,24E+00				1,59E+00			

¹⁾ Максимальная доза по всем путям воздействия

Таблица А.2 - Пути формирования эффективной ожидаемой годовой дозы от газо-аerosольных выбросов при нормальной эксплуатации ХАЭС на различном удалении от станции, мкЗв/год. Азимут 0°

Радионуклид	1,5 км				2 км			
	Облако	Ингаляция	Почва	Питание	Облако	Ингаляция	Почва	Питание
¹⁴⁰ Ba	1,74E-11	3,45E-09	2,22E-09	8,15E-10	1,35E-11	2,67E-09	1,72E-09	6,32E-10
¹⁴¹ Ce	3,05E-12	8,70E-10	1,02E-09	6,10E-10	2,37E-12	6,75E-10	7,92E-10	4,74E-10
¹⁴⁴ Ce	2,21E-13	1,93E-11	7,19E-10	8,58E-08	1,72E-13	1,50E-11	5,58E-10	6,66E-08
⁵⁸ Co	5,07E-11	5,75E-10	3,43E-08	6,66E-09	3,93E-11	4,46E-10	2,66E-08	5,16E-09
⁶⁰ Co	1,05E-10	6,67E-09	1,80E-06	3,22E-07	8,18E-11	5,18E-09	1,40E-06	2,50E-07
⁵¹ Cr	1,81E-11	2,16E-10	4,89E-09	2,75E-10	1,41E-11	1,68E-10	3,80E-09	2,13E-10
¹³⁴ Cs	5,71E-08	3,88E-06	4,12E-04	2,33E-03	4,43E-08	3,01E-06	3,20E-04	1,81E-03
¹³⁷ Cs	1,41E-08	4,90E-06	9,71E-04	3,48E-03	1,09E-08	3,80E-06	7,54E-04	2,70E-03
⁵⁹ Fe	1,06E-11	1,01E-10	4,24E-09	4,76E-10	8,25E-12	7,81E-11	3,29E-09	3,70E-10
³ H				8,05E-02				6,27E-02

Инв. № подл.

Подпись и дата

Инв. № подл.

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Лист

78

Радионуклид	1,5 км				2 км			
	Облако	Ингаляция	Почва	Питание	Облако	Ингаляция	Почва	Питание
¹³¹ I	9,60E-07	7,48E-05	1,90E-04	3,54E-04	6,77E-07	5,28E-05	1,34E-04	2,50E-04
¹³² I	9,01E-06	1,94E-06	0,00E+00	0,00E+00	6,41E-06	1,38E-06	0,00E+00	0,00E+00
¹³³ I	3,26E-06	4,27E-05	6,88E-05	2,64E-07	2,28E-06	2,99E-05	4,81E-05	1,85E-07
¹³⁵ I	6,17E-06	6,16E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,34E-06	4,34E-06	0,00E+00	0,00E+00
⁵⁴ Mn	1,22E-11	1,15E-10	3,61E-08	9,28E-09	9,46E-12	8,92E-11	2,80E-08	7,20E-09
⁹⁵ Nb	6,26E-11	7,75E-10	2,09E-08	1,65E-09	4,86E-11	6,01E-10	1,62E-08	1,28E-09
¹⁰³ Ru	8,27E-12	2,84E-10	3,19E-09	6,84E-10	6,42E-12	2,20E-10	2,48E-09	5,31E-10
¹⁰⁶ Ru	2,50E-13	3,10E-10	5,11E-10	1,73E-08	1,94E-13	2,41E-10	3,96E-10	1,34E-08
⁹⁰ Sr	3,28E-16	1,79E-09	0,00E+00	7,18E-07	2,54E-16	1,39E-09	0,00E+00	5,57E-07
¹³² Te	1,62E-11	7,70E-10	0,00E+00	0,00E+00	1,26E-11	5,97E-10	0,00E+00	0,00E+00
⁹⁵ Zr	3,06E-09	1,49E-07	1,88E-06	3,67E-07	2,38E-09	1,16E-07	1,46E-06	2,85E-07
⁴¹ Ar	1,44E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁵ Kr	1,11E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,18E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{85m} Kr	3,97E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,08E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁷ Kr	4,04E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,92E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁸ Kr	6,78E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,12E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁹ Kr	3,16E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,47E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{131m} Xe	5,85E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,55E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
¹³³ Xe	1,44E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,12E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{133m} Xe	3,77E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,93E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
¹³⁵ Xe	1,06E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,14E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{135m} Xe	2,46E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,51E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
¹³⁷ Xe	1,98E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,98E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
¹⁴ C				1,98E-07				1,55E-07
Сумма	1,03E+00	1,35E-04	1,65E-03	8,67E-02	7,78E-01	9,53E-05	1,26E-03	6,75E-02
СУММА	1,12E+00				8,47E-01			

Инв. № зам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

43-814.203.004.0Э.13.11

79

Изм. Колуч. Лист Недок. Подп. Дата

Формат А4

Таблица А.3 - Пути формирования эффективной ожидаемой годовой дозы от газо-аэрозольных выбросов при нормальной эксплуатации ХАЭС на различном удалении от станции, мкЗв/год. Азимут 0°

Радионуклид	3 км				5 км			
	Облако	Ингаляция	Почва	Питание	Облако	Ингаляция	Почва	Питание
¹⁴⁰ Ba	9,35E-12	1,85E-09	1,19E-09	4,37E-10	5,64E-12	1,12E-09	7,19E-10	2,64E-10
¹⁴¹ Ce	1,64E-12	4,66E-10	5,47E-10	3,27E-10	9,89E-13	2,82E-10	3,31E-10	1,98E-10
¹⁴⁴ Ce	1,19E-13	1,04E-11	3,86E-10	4,60E-08	7,17E-14	6,26E-12	2,33E-10	2,78E-08
⁵⁸ Co	2,72E-11	3,08E-10	1,84E-08	3,57E-09	1,64E-11	1,86E-10	1,11E-08	2,16E-09
⁶⁰ Co	5,66E-11	3,58E-09	9,68E-07	1,73E-07	3,42E-11	2,16E-09	5,84E-07	1,04E-07
⁵¹ Cr	9,72E-12	1,16E-10	2,62E-09	1,48E-10	5,87E-12	6,99E-11	1,58E-09	8,91E-11
¹³⁴ Cs	3,06E-08	2,08E-06	2,21E-04	1,25E-03	1,85E-08	1,26E-06	1,34E-04	7,56E-04
¹³⁷ Cs	7,55E-09	2,63E-06	5,21E-04	1,87E-03	4,56E-09	1,59E-06	3,15E-04	1,13E-03
⁵⁹ Fe	5,70E-12	5,40E-11	2,28E-09	2,56E-10	3,44E-12	3,26E-11	1,37E-09	1,54E-10
³ H				4,36E-02				2,67E-02
¹³¹ I	4,17E-07	3,25E-05	8,25E-05	1,54E-04	2,27E-07	1,77E-05	4,49E-05	8,38E-05
¹³² I	3,95E-06	8,52E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,08E-06	4,49E-07	0,00E+00	0,00E+00
¹³³ I	1,38E-06	1,82E-05	2,92E-05	1,12E-07	7,42E-07	9,73E-06	1,57E-05	6,02E-08
¹³⁵ I	2,66E-06	2,66E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,42E-06	1,42E-06	0,00E+00	0,00E+00
⁵⁴ Mn	6,54E-12	6,17E-11	1,94E-08	4,98E-09	3,95E-12	3,72E-11	1,17E-08	3,01E-09
⁹⁵ Nb	3,36E-11	4,16E-10	1,12E-08	8,83E-10	2,03E-11	2,51E-10	6,78E-09	5,33E-10
¹⁰³ Ru	4,44E-12	1,52E-10	1,71E-09	3,67E-10	2,68E-12	9,19E-11	1,03E-09	2,22E-10
¹⁰⁶ Ru	1,34E-13	1,66E-10	2,74E-10	9,28E-09	8,12E-14	1,01E-10	1,65E-10	5,60E-09
⁹⁰ Sr	1,76E-16	9,61E-10	0,00E+00	3,85E-07	1,06E-16	5,80E-10	0,00E+00	2,33E-07
¹³² Te	8,69E-12	4,12E-10	0,00E+00	0,00E+00	5,24E-12	2,49E-10	0,00E+00	0,00E+00
⁹⁵ Zr	1,64E-09	7,99E-08	1,01E-06	1,97E-07	9,93E-10	4,82E-08	6,10E-07	1,19E-07
⁴¹ Ar	6,83E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,77E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁵ Kr	5,33E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,10E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{85m} Kr	2,11E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,26E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁷ Kr	1,83E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,67E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁸ Kr	3,41E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,96E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Инв. № Взам.инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

43-814.203.004.0Э.13.11

Лист

80

Радионуклид	3 км				5 км			
	Облако	Ингаляция	Почва	Питание	Облако	Ингаляция	Почва	Питание
⁸⁹ Kr	3,27E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,22E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{131m} Xe	3,16E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,93E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
¹³³ Xe	7,71E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,69E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{133m} Xe	2,04E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,24E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
¹³⁵ Xe	5,54E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,31E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{135m} Xe	7,02E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,32E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
¹³⁷ Xe	2,67E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,54E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
¹⁴ C				1,08E-07				6,59E-08
Сумма	5,21E-01	5,90E-05	8,56E-04	4,69E-02	3,03E-01	3,22E-05	5,10E-04	2,87E-02
СУММА	5,69E-01				3,32E-01			

Таблица А.4 - Пути формирования эффективной ожидаемой годовой дозы от газо-аerosольных выбросов при нормальной эксплуатации ХАЭС на различном удалении от станции, мкЗв/год. Азимут 0°

Радионуклид	10 км				15 км			
	Облако	Ингаляция	Почва	Питание	Облако	Ингаляция	Почва	Питание
¹⁴⁰ Ba	2,41E-12	4,76E-10	3,07E-10	1,13E-10	1,52E-12	3,01E-10	1,94E-10	7,11E-11
¹⁴¹ Ce	4,22E-13	1,20E-10	1,41E-10	8,44E-11	2,67E-13	7,60E-11	8,92E-11	5,33E-11
¹⁴⁴ Ce	3,06E-14	2,68E-12	9,95E-11	1,19E-08	1,93E-14	1,69E-12	6,29E-11	7,51E-09
⁵⁸ Co	7,01E-12	7,95E-11	4,74E-09	9,21E-10	4,43E-12	5,03E-11	3,00E-09	5,82E-10
⁶⁰ Co	1,46E-11	9,23E-10	2,50E-07	4,45E-08	9,23E-12	5,84E-10	1,58E-07	2,81E-08
⁵¹ Cr	2,50E-12	2,99E-11	6,76E-10	3,80E-11	1,58E-12	1,89E-11	4,27E-10	2,40E-11
¹³⁴ Cs	7,91E-09	5,37E-07	5,71E-05	3,23E-04	5,00E-09	3,40E-07	3,61E-05	2,04E-04
¹³⁷ Cs	1,95E-09	6,78E-07	1,34E-04	4,82E-04	1,23E-09	4,29E-07	8,50E-05	3,04E-04
⁵⁹ Fe	1,47E-12	1,39E-11	5,87E-10	6,59E-11	9,29E-13	8,80E-12	3,71E-10	4,17E-11
³ H				1,20E-02				7,94E-03
¹³¹ I	8,58E-08	6,69E-06	1,70E-05	3,17E-05	5,03E-08	3,92E-06	9,94E-06	1,85E-05
¹³² I	6,96E-07	1,50E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,58E-07	7,72E-08	0,00E+00	0,00E+00
¹³³ I	2,75E-07	3,61E-06	5,81E-06	2,23E-08	1,59E-07	2,08E-06	3,36E-06	1,29E-08
¹³⁵ I	5,15E-07	5,14E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,88E-07	2,88E-07	0,00E+00	0,00E+00

Инв. № инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Лист

81

Радионуклид	10 км				15 км			
	Облако	Ингаляция	Почва	Питание	Облако	Ингаляция	Почва	Питание
⁵⁴ Mn	1,69E-12	1,59E-11	5,00E-09	1,28E-09	1,07E-12	1,01E-11	3,16E-09	8,12E-10
⁹⁵ Nb	8,66E-12	1,07E-10	2,90E-09	2,28E-10	5,47E-12	6,77E-11	1,83E-09	1,44E-10
¹⁰³ Ru	1,14E-12	3,92E-11	4,42E-10	9,46E-11	7,23E-13	2,48E-11	2,79E-10	5,98E-11
¹⁰⁶ Ru	3,47E-14	4,29E-11	7,07E-11	2,39E-09	2,19E-14	2,71E-11	4,47E-11	1,51E-09
⁹⁰ Sr	4,54E-17	2,48E-10	0,00E+00	9,94E-08	2,87E-17	1,57E-10	0,00E+00	6,28E-08
¹³² Te	2,23E-12	1,06E-10	0,00E+00	0,00E+00	1,40E-12	6,66E-11	0,00E+00	0,00E+00
⁹⁵ Zr	4,24E-10	2,06E-08	2,61E-07	5,08E-08	2,68E-10	1,30E-08	1,65E-07	3,21E-08
⁴¹ Ar	1,39E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,75E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁵ Kr	1,34E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,92E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{85m} Kr	5,24E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,24E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁷ Kr	3,28E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,70E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁸ Kr	7,78E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,62E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁹ Kr	5,56E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,25E-11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{131m} Xe	8,64E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,73E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
¹³³ Xe	2,09E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,38E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{133m} Xe	5,54E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,66E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
¹³⁵ Xe	1,42E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,12E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{135m} Xe	2,86E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,96E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
¹³⁷ Xe	1,36E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,63E-11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
¹⁴ C				2,95E-08				1,96E-08
Сумма	1,23E-01	1,22E-05	2,15E-04	1,28E-02	7,50E-02	7,15E-06	1,35E-04	8,47E-03
СУММА	1,36E-01				8,36E-02			

Инв. № подл.

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

43-814.203.004.0Э.13.11

82

Изм. Колуч. Лист № док. Подп. Дата

Таблица А.5 - Пути формирования эффективной ожидаемой годовой дозы от газо-аerosольных выбросов при нормальной эксплуатации ХАЭС на различном удалении от станции, мкЗв/год. Азимут 0°

Радионуклид	20 км				25 км			
	Облако	Ингаляция	Почва	Питание	Облако	Ингаляция	Почва	Питание
¹⁴⁰ Ba	1,09E-12	2,15E-10	1,38E-10	5,08E-11	8,27E-13	1,64E-10	1,05E-10	3,87E-11
¹⁴¹ Ce	1,91E-13	5,43E-11	6,37E-11	3,81E-11	1,45E-13	4,14E-11	4,86E-11	2,91E-11
¹⁴⁴ Ce	1,38E-14	1,21E-12	4,50E-11	5,37E-09	1,05E-14	9,22E-13	3,43E-11	4,09E-09
⁵⁸ Co	3,17E-12	3,59E-11	2,14E-09	4,16E-10	2,41E-12	2,74E-11	1,63E-09	3,17E-10
⁶⁰ Co	6,60E-12	4,17E-10	1,13E-07	2,01E-08	5,03E-12	3,18E-10	8,60E-08	1,53E-08
⁵¹ Cr	1,13E-12	1,35E-11	3,05E-10	1,72E-11	8,62E-13	1,03E-11	2,33E-10	1,31E-11
¹³⁴ Cs	3,57E-09	2,43E-07	2,58E-05	1,46E-04	2,73E-09	1,85E-07	1,97E-05	1,11E-04
¹³⁷ Cs	8,80E-10	3,06E-07	6,08E-05	2,18E-04	6,71E-10	2,34E-07	4,63E-05	1,66E-04
⁵⁹ Fe	6,64E-13	6,29E-12	2,65E-10	2,98E-11	5,06E-13	4,80E-12	2,02E-10	2,27E-11
³ H				5,96E-03				4,77E-03
¹³¹ I	3,34E-08	2,61E-06	6,61E-06	1,23E-05	2,38E-08	1,86E-06	4,71E-06	8,78E-06
¹³² I	2,09E-07	4,51E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,31E-07	2,82E-08	0,00E+00	0,00E+00
¹³³ I	1,04E-07	1,37E-06	2,20E-06	8,46E-09	7,33E-08	9,61E-07	1,55E-06	5,95E-09
¹³⁵ I	1,83E-07	1,83E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,25E-07	1,25E-07	0,00E+00	0,00E+00
⁵⁴ Mn	7,62E-13	7,19E-12	2,26E-09	5,80E-10	5,81E-13	5,48E-12	1,72E-09	4,42E-10
⁹⁵ Nb	3,91E-12	4,84E-11	1,31E-09	1,03E-10	2,98E-12	3,69E-11	9,97E-10	7,84E-11
¹⁰³ Ru	5,17E-13	1,77E-11	1,99E-10	4,27E-11	3,94E-13	1,35E-11	1,52E-10	3,26E-11
¹⁰⁶ Ru	1,57E-14	1,94E-11	3,19E-11	1,08E-09	1,19E-14	1,48E-11	2,44E-11	8,25E-10
⁹⁰ Sr	2,05E-17	1,12E-10	0,00E+00	4,49E-08	1,56E-17	8,55E-11	0,00E+00	3,43E-08
¹³² Te	1,00E-12	4,74E-11	0,00E+00	0,00E+00	7,60E-13	3,60E-11	0,00E+00	0,00E+00
⁹⁵ Zr	1,92E-10	9,30E-09	1,18E-07	2,29E-08	1,46E-10	7,10E-09	8,98E-08	1,75E-08
⁴¹ Ar	4,90E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,30E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁵ Kr	6,69E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,35E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{85m} Kr	2,27E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,69E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁷ Kr	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,27E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
⁸⁸ Kr	3,11E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,23E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Инв. № Взам.инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

43-814.203.004.0Э.13.11

Лист

83

Радионуклид	20 км				25 км			
	Облако	Ингаляция	Почва	Питание	Облако	Ингаляция	Почва	Питание
^{89}Kr	2,44E-13	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,97E-15	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
$^{131\text{m}}\text{Xe}$	4,29E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,43E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{133}Xe	1,04E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,27E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
$^{133\text{m}}\text{Xe}$	2,73E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,17E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{135}Xe	6,61E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,11E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
$^{135\text{m}}\text{Xe}$	1,45E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,85E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{137}Xe	2,56E-13	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,42E-15	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
^{14}C				1,47E-08				1,17E-08
Сумма	5,18E-02	4,76E-06	9,56E-05	6,33E-03	3,83E-02	3,40E-06	7,25E-05	5,05E-03
СУММА	5,83E-02				4,84E-02			

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

43-814.203.004.ОЭ.13.11

Лист

84

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	
Копия	
Лист	
№ док.	
Подп.	
Дата	

**Приложение Б
(обязательное)**

Дозы острого периода при МПА на различных расстояниях от источника выброса

Таблица Б. 1 – Средние эффективные дозы острого периода (Зв), как функция расстояния (без учета поступления радионуклидов с продуктами питания)

Расстояние, км	Эффективная доза	Эквивалентная доза на орган						
		Щитовидная железа	Хрусталик глаза	Яичники	Кожа	Легкие	Костный мозг	Кишечно- желудочны тракт
0,4	6,25E-05	2,31E-04	5,50E-05	4,62E-05	2,97E-04	8,45E-05	4,80E-05	5,77E-05
1	1,72E-05	6,52E-05	1,50E-05	1,26E-05	1,23E-04	2,30E-05	1,31E-05	1,58E-05
1,5	8,96E-06	3,47E-05	7,80E-06	6,54E-06	6,41E-05	1,20E-05	6,79E-06	8,17E-06
2,7	3,25E-06	1,31E-05	2,80E-06	2,34E-06	2,34E-05	4,29E-06	2,44E-06	2,93E-06
4	1,60E-06	6,66E-06	1,37E-06	1,14E-06	1,16E-05	2,09E-06	1,19E-06	1,43E-06
6	7,63E-07	3,31E-06	6,45E-07	5,39E-07	5,58E-06	9,87E-07	5,60E-07	6,74E-07
10	3,97E-07	1,87E-06	3,28E-07	2,73E-07	2,97E-06	5,03E-07	2,85E-07	3,43E-07
15	2,32E-07	1,21E-06	1,85E-07	1,54E-07	1,77E-06	2,85E-07	1,61E-07	1,94E-07
20	1,55E-07	8,95E-07	1,19E-07	9,90E-08	1,21E-06	1,83E-07	1,03E-07	1,25E-07
25	1,07E-07	7,01E-07	7,77E-08	6,50E-08	8,80E-07	1,21E-07	6,75E-08	8,20E-08
30	7,96E-08	5,71E-07	5,49E-08	4,58E-08	6,67E-07	8,54E-08	4,76E-08	5,79E-08

43-814.203.004.09.13.11

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Копия	Лист	№ док.	Подп.	Дата

**Приложение В
(обязательное)**

Прижизненные эффективные дозы при МПА на различных расстояниях от источника выброса

Таблица В. 1 – Средние эффективные прижизненные дозы (Зв) с учетом всех путей, как функция расстояния. Без проведения контрмер

Расстояние, км	Эффективная доза	Эквивалентная доза на орган											
		Кожа	Костный мозг	Поверхность кости	Молочная железа	Легкие	Желудок	Толстая кишка	Печень	Поджелудочная железа	Щитовидная железа	Гонады	Другие органы
0,4	1,66E-03	4,46E-05	2,05E-03	3,23E-03	1,03E-03	1,37E-03	1,20E-03	1,83E-03	1,23E-03	1,28E-03	6,36E-03	1,23E-03	1,29E-03
1	4,46E-04	1,23E-05	5,57E-04	8,77E-04	2,79E-04	3,73E-04	3,26E-04	4,97E-04	3,33E-04	3,49E-04	1,60E-03	3,34E-04	3,50E-04
1,5	2,29E-04	6,41E-06	2,89E-04	4,55E-04	1,45E-04	1,93E-04	1,69E-04	2,58E-04	1,73E-04	1,81E-04	7,91E-04	1,73E-04	1,82E-04
2,7	8,12E-05	2,34E-06	1,04E-04	1,63E-04	5,20E-05	6,93E-05	6,07E-05	9,25E-05	6,20E-05	6,49E-05	2,62E-04	6,22E-05	6,52E-05
4	3,92E-05	1,16E-06	5,06E-05	7,96E-05	2,54E-05	3,38E-05	2,96E-05	4,51E-05	3,02E-05	3,17E-05	1,21E-04	3,03E-05	3,18E-05
6	1,84E-05	5,58E-07	2,39E-05	3,76E-05	1,20E-05	1,60E-05	1,40E-05	2,13E-05	1,43E-05	1,50E-05	5,38E-05	1,43E-05	1,50E-05
10	9,31E-06	2,97E-07	1,23E-05	1,93E-05	6,14E-06	8,19E-06	7,16E-06	1,09E-05	7,32E-06	7,67E-06	2,54E-05	7,35E-06	7,70E-06
15	5,23E-06	1,77E-07	6,94E-06	1,09E-05	3,48E-06	4,64E-06	4,06E-06	6,19E-06	4,15E-06	4,35E-06	1,35E-05	4,16E-06	4,36E-06
20	3,35E-06	1,21E-07	4,45E-06	7,01E-06	2,23E-06	2,98E-06	2,60E-06	3,97E-06	2,66E-06	2,79E-06	8,50E-06	2,67E-06	2,80E-06
25	2,26E-06	8,80E-08	3,00E-06	4,73E-06	1,50E-06	2,00E-06	1,75E-06	2,67E-06	1,79E-06	1,88E-06	5,83E-06	1,80E-06	1,88E-06

43-814.203.004.09.13.11_изм.3

43-814.203.004.09.13.11

Формат А4

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	
Копия	
Лист	
№ док.	
Подп.	
Дата	

Расстояние, км	Эффективная доза	Эквивалентная доза на орган											
		Кожа	Костный мозг	Поверхность кости	Молочная железа	Легкие	Желудок	Толстая кишка	Печень	Поджелудочная железа	Щитовидная железа	Гонады	Другие органы
30	1,61E-06	6,67E-08	2,12E-06	3,34E-06	1,06E-06	1,42E-06	1,24E-06	1,89E-06	1,27E-06	1,33E-06	4,32E-06	1,27E-06	1,33E-06

Таблица В. 2– Средние эффективные прижизненные дозы (Зв) с учетом всех путей, как функция расстояния. С ограничением потребления продуктов местного производства

Расстояние, км	Эффективная доза	Эквивалентная доза на орган											
		Кожный покров	Костный мозг	Поверхность кости	Молочная железа	Легкие	Желудок	Толстая кишка	Печень	Поджелудочная железа	Щитовидная железа	Гонады	Другие органы
0,4	5,12E-04	4,46E-05	9,48E-04	1,71E-03	3,88E-04	6,04E-04	3,70E-04	4,58E-04	3,75E-04	3,61E-04	6,91E-04	3,90E-04	3,96E-04
1	1,53E-04	1,23E-05	2,81E-04	5,04E-04	1,15E-04	1,75E-04	1,12E-04	1,41E-04	1,14E-04	1,11E-04	2,06E-04	1,18E-04	1,20E-04
1,5	8,24E-05	6,41E-06	1,51E-04	2,71E-04	6,12E-05	9,30E-05	6,06E-05	7,67E-05	6,15E-05	6,03E-05	1,13E-04	6,34E-05	6,49E-05
2,7	4,08E-05	2,34E-06	6,61E-05	1,12E-04	3,03E-05	4,33E-05	3,24E-05	4,13E-05	3,31E-05	3,36E-05	5,36E-05	3,36E-05	3,47E-05
4	2,07E-05	1,16E-06	3,39E-05	5,76E-05	1,52E-05	2,17E-05	1,64E-05	2,13E-05	1,68E-05	1,71E-05	2,68E-05	1,70E-05	1,76E-05
6	1,07E-05	5,58E-07	1,69E-05	2,83E-05	7,72E-06	1,09E-05	8,42E-06	1,10E-05	8,61E-06	8,81E-06	1,80E-05	8,71E-06	9,04E-06
10	8,14E-06	2,97E-07	1,16E-05	1,82E-05	5,91E-06	7,91E-06	6,82E-06	9,05E-06	7,00E-06	7,33E-06	1,16E-05	7,02E-06	7,34E-06
15	4,61E-06	1,77E-07	6,57E-06	1,03E-05	3,35E-06	4,48E-06	3,86E-06	5,20E-06	3,97E-06	4,15E-06	6,35E-06	3,98E-06	4,16E-06
20	2,96E-06	1,21E-07	4,21E-06	6,63E-06	2,14E-06	2,87E-06	2,48E-06	3,32E-06	2,54E-06	2,66E-06	4,14E-06	2,55E-06	2,66E-06
25	2,20E-06	8,80E-08	2,95E-06	4,63E-06	1,49E-06	1,99E-06	1,73E-06	2,40E-06	1,78E-06	1,86E-06	5,50E-06	1,78E-06	1,87E-06
30	1,57E-06	6,67E-08	2,08E-06	3,27E-06	1,06E-06	1,41E-06	1,23E-06	1,69E-06	1,26E-06	1,32E-06	4,07E-06	1,26E-06	1,32E-06

43-814.203.004.09.13.11 изм.3

43-814.203.004.09.13.11

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	
Колуч	
Лист	
№ док.	
Подп.	
Дата	

**Приложение Г
(обязательное)**

Эффективные дозы острого периода при ЗПА на различных расстояниях от источника выброса

Таблица Г.1 – Средние эффективные дозы острого периода (Зв), как функция расстояния (без учета поступления радионуклидов с продуктами питания)

Расстояние, км	Эффективная доза	Эквивалентная доза на орган						
		Щитовидная железа	Хрусталик глаза	Яичники	Кожа	Легкие	Костный мозг	Кишечно- желудочны тракт
0,4	1,44E-03	2,09E-02	4,26E-04	3,35E-04	9,93E-03	4,57E-04	3,75E-04	3,72E-04
1	4,75E-04	5,98E-03	1,97E-04	1,56E-04	2,95E-03	2,00E-04	1,73E-04	1,66E-04
1,5	3,00E-04	3,24E-03	1,57E-04	1,27E-04	1,47E-03	1,55E-04	1,38E-04	1,30E-04
2,7	1,09E-04	1,23E-03	5,48E-05	4,38E-05	1,40E-03	5,39E-05	4,79E-05	4,51E-05
4	5,44E-05	6,26E-04	2,64E-05	2,09E-05	6,10E-04	2,59E-05	2,29E-05	2,17E-05
6	2,59E-05	3,11E-04	1,18E-05	9,29E-06	9,77E-04	1,16E-05	1,02E-05	9,66E-06
10	1,35E-05	1,76E-04	5,37E-06	4,21E-06	5,54E-04	5,31E-06	4,64E-06	4,41E-06
15	8,29E-06	1,14E-04	2,95E-06	2,28E-06	3,60E-04	2,91E-06	2,52E-06	2,41E-06
20	5,97E-06	8,54E-05	1,94E-06	1,48E-06	2,69E-04	1,91E-06	1,65E-06	1,57E-06
25	4,32E-06	6,73E-05	1,05E-06	8,28E-07	2,13E-04	1,07E-06	9,13E-07	8,78E-07
30	3,43E-06	5,48E-05	7,60E-07	5,96E-07	1,74E-04	7,76E-07	6,58E-07	6,33E-07

43-814.203.004.09.13.11

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	
Копия	
Лист	
№ док.	
Подп.	
Дата	

**Приложение Д
(обязательное)**

Прижизненные эффективные дозы при ЗПА на различных расстояниях од источника выброса

Таблица Д.1 – Средние эффективные прижизненные дозы (Зв) с учетом всех путей, как функция расстояния. Без проведения контрмер

Расстояние, км	Эффективная доза	Эквивалентная доза на орган											
		Кожа	Костный мозг	Поверхность кости	Молочная железа	Легкие	Желудок	Толстая кишка	Печень	Поджелудочная железа	Щитовидная железа	Гонады	Другие органы
0,4	4,88E-02	8,69E-03	2,24E-02	2,61E-02	1,70E-02	2,00E-02	2,09E-02	2,50E-02	2,11E-02	2,25E-02	5,65E-01	2,10E-02	2,26E-02
1	1,26E-02	2,45E-03	6,08E-03	7,09E-03	4,63E-03	5,44E-03	5,68E-03	6,80E-03	5,75E-03	6,11E-03	1,40E-01	5,70E-03	6,12E-03
1,5	6,32E-03	1,30E-03	3,15E-03	3,67E-03	2,40E-03	2,82E-03	2,94E-03	3,52E-03	2,98E-03	3,16E-03	6,86E-02	2,95E-03	3,17E-03
2,7	2,15E-03	4,90E-04	1,13E-03	1,32E-03	8,59E-04	1,01E-03	1,05E-03	1,26E-03	1,07E-03	1,13E-03	2,23E-02	1,06E-03	1,13E-03
4	1,01E-03	2,49E-04	5,49E-04	6,41E-04	4,18E-04	4,91E-04	5,11E-04	6,14E-04	5,19E-04	5,52E-04	1,01E-02	5,15E-04	5,52E-04
6	4,58E-04	1,24E-04	2,58E-04	3,02E-04	1,97E-04	2,31E-04	2,40E-04	2,89E-04	2,44E-04	2,60E-04	4,42E-03	2,42E-04	2,60E-04
10	2,23E-04	6,98E-05	1,32E-04	1,54E-04	1,00E-04	1,18E-04	1,22E-04	1,48E-04	1,25E-04	1,33E-04	2,04E-03	1,24E-04	1,32E-04
15	1,21E-04	4,51E-05	7,45E-05	8,73E-05	5,66E-05	6,66E-05	6,92E-05	8,35E-05	7,05E-05	7,51E-05	1,06E-03	6,99E-05	7,49E-05
20	7,67E-05	3,36E-05	4,78E-05	5,61E-05	3,64E-05	4,27E-05	4,44E-05	5,35E-05	4,53E-05	4,82E-05	6,58E-04	4,49E-05	4,80E-05
25	5,20E-05	2,65E-05	3,20E-05	3,75E-05	2,43E-05	2,86E-05	2,97E-05	3,59E-05	3,03E-05	3,23E-05	4,52E-04	3,00E-05	3,22E-05
30	3,76E-05	2,16E-05	2,26E-05	2,66E-05	1,72E-05	2,02E-05	2,10E-05	2,54E-05	2,14E-05	2,28E-05	3,38E-04	2,12E-05	2,28E-05

43-814.203.004.09.13.11

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	
Колуч	
Лист	
№ док.	
Подп.	
Дата	

Таблица Д.2 – Средние эффективные прижизненные дозы (Зв) с учетом всех путей, как функция расстояния. С ограничением потребления продуктов местного производства

Расстояние, км	Эффективная доза	Эквивалентная доза на орган											
		Кожный покров	Костный мозг	Поверхность кости	Молочная железа	Легкие	Желудок	Толстая кишка	Печень	Поджелудочная железа	Щитовидная железа	Гонады	Другие органы
0,4	2,12E-03	1,39E-03	7,58E-04	9,87E-04	6,66E-04	8,44E-04	6,58E-04	6,65E-04	6,27E-04	5,97E-04	2,87E-02	6,21E-04	7,27E-04
1	1,01E-03	1,14E-03	7,13E-04	9,48E-04	5,63E-04	6,37E-04	5,59E-04	5,87E-04	5,54E-04	5,34E-04	8,56E-03	5,59E-04	6,17E-04
1,5	8,99E-04	1,30E-03	8,18E-04	1,09E-03	6,22E-04	6,86E-04	6,23E-04	6,63E-04	6,24E-04	6,04E-04	4,94E-03	6,32E-04	6,86E-04
2,7	3,24E-04	4,90E-04	2,90E-04	3,91E-04	2,20E-04	2,42E-04	2,20E-04	2,34E-04	2,20E-04	2,12E-04	1,89E-03	2,22E-04	2,42E-04
4	1,70E-04	2,49E-04	1,53E-04	2,05E-04	1,15E-04	1,27E-04	1,17E-04	1,26E-04	1,18E-04	1,15E-04	9,67E-04	1,19E-04	1,29E-04
6	8,30E-05	1,24E-04	7,37E-05	9,90E-05	5,50E-05	6,10E-05	5,65E-05	6,15E-05	5,68E-05	5,58E-05	4,84E-04	5,73E-05	6,21E-05
10	4,89E-05	6,98E-05	4,23E-05	5,57E-05	3,15E-05	3,55E-05	3,35E-05	3,73E-05	3,39E-05	3,39E-05	2,86E-04	3,40E-05	3,68E-05
15	3,24E-05	4,51E-05	2,75E-05	3,54E-05	2,07E-05	2,34E-05	2,26E-05	2,55E-05	2,29E-05	2,33E-05	1,86E-04	2,30E-05	2,48E-05
20	2,22E-05	3,36E-05	1,73E-05	2,24E-05	1,31E-05	1,48E-05	1,42E-05	1,60E-05	1,44E-05	1,46E-05	1,53E-04	1,44E-05	1,56E-05
25	1,74E-05	2,65E-05	1,37E-05	1,75E-05	1,02E-05	1,17E-05	1,14E-05	1,32E-05	1,16E-05	1,20E-05	1,16E-04	1,16E-05	1,25E-05
30	1,30E-05	2,16E-05	9,85E-06	1,26E-05	7,29E-06	8,37E-06	8,22E-06	9,49E-06	8,35E-06	8,60E-06	9,26E-05	8,35E-06	9,00E-06

43-814.203.004.09.13.11

43-814.203.004.09.13.11.изм.3