

ЧАО «Завод по производству ядерного топлива»

Завод по производству ядерного топлива

ПРОЕКТ

ТОМ 8.3

Оценка воздействия на окружающую среду

Оценка трансграничного воздействия

ОПЯТ-00-000-000-00-ОВОС.ТГ-ПЗ

СОДЕРЖАНИЕ

	с.
Состав проекта	3
Подтверждение ГИПа.....	8
Введение.....	9
1 Описание планируемой деятельности	10
2 Альтернативные варианты планируемой деятельности	13
3 Характеристика объектов окружающей среды, на которые оказывается значительное воздействие	15
4 Описание моделей используемых для расчета распространения загрязняющих веществ	17
4.1 Краткое описание модели CAP88	17
4.2 Краткое описание модели PC COSYMA	24
4.3 Описание основных подходов, используемых для моделирования	25
4.4 Краткое описание модели автоматизированной системы расчета рассеивания выбросов вредных веществ в атмосфере "Эол-Плюс"	26
5 Характеристика возможных видов воздействия на объекты окружающей среды.....	28
5.1 Воздействие при условиях нормальной эксплуатации	28
5.2 Воздействие при авариях	33
5.3 Выводы.....	39
6 Мероприятия по снижению вредного воздействия на окружающую среду	41
Перечень принятых сокращений.....	45
Перечень терминов и определений	46
Ссылочные нормативные документы.....	48

Приложения

Приложение А	Характеристика основных элементов климата	50
Приложение Б	Расчеты по радиационному воздействию	52
Приложение В	Список литературы	58

Проект разработан по заказу Частного акционерного общества «Завод по производству ядерного топлива» Государственным предприятием «Украинский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт промышленной технологии» (ГП «УкрНИПИИ протехнологии»).

Сертификат УкрСЕПРО на систему управления качеством ДСТУ ISO 9001:2009 UA.2.037.05233-10

Директор: Юрий Кошик

Юридический адрес: ул. Петровского, 37, г. Желтые Воды, Днепропетровской обл., Украина, 52204

тел. (05652) 2-62-85 Факс (05652) 2-32-97 E-mail: ipt@iptzw.dp.ua

Web-site: www.iptzw.dp.ua

Проект разработан в соответствии с действующими нормами, правилами, инструкциями, государственными и отраслевыми стандартами.

Главный инженер проекта Н. А. Худошина

ВВЕДЕНИЕ

Указами Президента Украины от 15.06.2010 № 692-16т/2010 "Про рішення Ради національної безпеки і оборони" от 1 июня 2010 года, "Про забезпечення національних інтересів в сфері постачання ядерного палива для українських АЕС і створення в Україні власного виробництва ядерного палива", "Енергетичною стратегією України на період до 2030 року", утвержденной распоряжением Кабинета Министров Украины от 15.03.2006 г № 145; Государственной целевой экономической программой "Ядерное топливо Украины", утвержденной постановлением Кабинета Министров Украины от 23.09.2009г. № 1004; предусматривается создание в Украине производства ядерного топлива для реакторов типа ВВЭР-1000.

Проект «Завод по производству ядерного топлива» разработан Государственным предприятием «Украинский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт промышленной технологии» (ГП «УкрНИПИИ промтехнологии») по заказу ЧАО «Завод по производству ядерного топлива» на основании:

- распоряжения КМУ от 27.06.2012 № 437-р «Вопросы размещения, проектирования и строительства завода по производству ядерного топлива для реакторов типа ВВЭР -1000», утвержденного Премьер-министром Украины Азаровым Н.Я.;

- соглашения между ГК «Ядерное топливо» и ОАО «ТВЭЛ» от 27.10.2010г.;

- задания на проектирование и уточнения к заданию в соответствии с Протоколом ГПУ №21 от 29.03.2013 г., утвержденных и.о. директора ЧАО «Завод по производству ядерного топлива» Антиповым Ю.Ф. и согласованных генеральным директором ГК «Ядерное топливо» Амосовой Т. В. и старшим вице-президентом ОАО «ТВЭЛ» Лавренюком П. И.;

- технико-экономического обоснования, одобренного распоряжения КМУ от 27.06.2012 № 437-р.

Настоящий том ОВОС разработан в соответствии с ДБН А.2.2.-1-2003 "Состав и содержание материалов оценки воздействий на окружающую среду при проектировании и строительстве предприятий, зданий и сооружений" и Конвенции «Про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті».

Целью оценки воздействия завода по производству ядерного топлива на окружающую среду в трансграничном контексте является оценка воздействия на территории сопредельных государств. Рассматривается воздействие при нормальных условиях эксплуатации и при возникновении аварий.

Оценка трансграничного воздействия Завода по производству ядерного топлива была одобрена на заседании секции "Ядерно-енергетический комплекс" научно-технического совета Министерства энергетики и угольной промышленности Украины 24.10.2013.

1 ОПИСАНИЕ ПЛАНИРУЕМОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Планируемой деятельностью предусматривается строительство и эксплуатация в Украине завода по производству ядерного топлива.

Площадка завода по производству ядерного топлива находится на территории Смолинского поселкового совета Маловисковского района в соответствии с договором субаренды земельного участка от 27.12.2012.

Площадка завода по производству ядерного топлива располагается в 2,5 км юго-западнее п.г.т. Смолино Маловисковского района Кировоградской области Украины. Расстояние от п.г.т. Смолино до областного центра г.Кировоград составляет 72 км, до районного центра Малая Виска – 25 км. Расстояние от завода до сел Березовка и Новопавловка, составляет около 2,1 км; на расстоянии 3,7–6 км находятся села Новопетровка, Новогригорьевка, Хмелевое, Александровка. В физико-географическом отношении район расположения проектируемого завода приурочен к Центральной части Украины в междуречье Днепра и Южного Буга, к южной части Приднепровской возвышенности. Рельеф представляет собой равнину, сильно рассеченную балками и оврагами. Максимальные отметки поверхности региона достигают 190-195 м на водоразделе, минимальные – 140-165 м – в днищах рек и балок. Расположение завода указано на рисунке 1.1



Рисунок 1.1 –Расположение завода по производству ядерного топлива
Условные обозначения

▣ - завод по производству ядерного топлива

Расстояния от завода по производству ядерного топлива (ЗЯТ) до ближайших границ с сопредельными государствами приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Расстояния от ЗЯТ до ближайших границ с сопредельными государствами

Сопредельное государство	Направление до ближайшей границы	Ближайший приграничный населённый пункт	Расстояние от ЗЯТ до ближайшей границы
Беларусь	С	Нижние Жары	300 км
Польша	ССЗ	Длужнюв	559 км
Словакия	З	Новая Седлица	637 км
Венгрия	З	Тисобег	620 км
Румыния	ЮЗ	Роминешть	307 км
Молдова	ЮЗЗ	Броштень	166 км
Россия	СВ	Грайворон	368 км

Ближайшим государством является республика Молдова, расстояние до которого составляет 166 км.

Основное производство ядерного топлива включает процессы конверсии гексафторида урана в двуокись урана (ДОУ), изготовление топливных таблеток, изготовление комплектующих элементов из циркониевого сплава и нержавеющей стали, снаряжение тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) и сборку тепловыделяющих сборок (ТВС). Размещение основного производства предусматривается в одном корпусе. Административно-бытовой корпус, вспомогательные производственные участки, складское хозяйство, энергохозяйство и другие объекты жизнеобеспечения предприятия размещаются в отдельно стоящих корпусах и сооружениях.

Строительство и ввод завода по производству ядерного топлива в эксплуатацию осуществляется очередями:

I очередь строительства ЗПЯТ включает:

- изготовление тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов);
- изготовление тепловыделяющихборок (ТВС);
- изготовление нержавеющей сталей комплектующих;
- изготовление циркониевых комплектующих;
- переработку жидких и твердых радиоактивных отходов;
- инфраструктуру завода.

II очередь строительства ЗПЯТ включает:

- изготовление порошка ДОУ;
- изготовление таблеток;
- переработку жидких и твердых радиоактивных отходов;

- дополнительную инфраструктуру завода.

Исходным сырьем для производства ТВС на период I очереди являются топливные таблетки поставки из Российской Федерации.

Сырьем для производства ядерного топлива в период полного развития производства является обогащенный гексафторид урана с обогащением по изотопу U-235 до 5% (масс.).

Продукцией производства является тепловыделяющие сборки (ТВС) для реакторов типа ВВЭР-1000, содержащие ядерно-опасные делящиеся материалы (соединения природного урана с обогащением по U-235 до 5 %). ТВС относятся к закрытым источникам ионизирующего излучения.

Проектная мощность ЗПЯТ рассчитана на изготовление 800 шт/год ТВС для реактора типа ВВЭР – 1000.

При производстве ядерного топлива, в процессе конверсии гексафторида урана, образуется побочный продукт производства – плавиковая кислота, представляющая собой ~ 35 % водный раствор фтористого водорода в количестве 504,6 т/год.

Завод по производству ядерного топлива, в технологическом цикле которого присутствуют радиоактивные вещества (источники ионизирующего излучения), согласно ОСПОРБУ по степени потенциальной опасности для населения относится к I категории предприятий, для которых устанавливаются санитарно-защитная зона (СЗЗ) и зона наблюдения (ЗН).

С учетом всех факторов воздействия (радиационного, химического и физических), а также с учетом требований ДСП 173-96 для завода по производству ядерного топлива устанавливается размер СЗЗ 1100 м. [1].

Граница зоны наблюдения ЗПЯТ по радиационным параметрам устанавливается на расстоянии 1 500 м от источников выбросов[1].

2 АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ ПЛАНИРУЕМОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Государственной целевой экономической программой "Ядерное топливо Украины [2] рассмотрены три варианта решения проблемы обеспечения атомных электростанций Украины ядерным топливом:

- первый вариант – закупка ядерного топлива на мировом рынке;
- второй вариант – создание мощностей для производства ядерного топлива силами отечественных предприятий и организаций;
- третий вариант – создание мощностей для производства ядерного топлива и его элементов путем кооперации с другими странами.

В настоящее время по первому варианту обеспечивают ядерным топливом свои атомные электростанции Финляндия, Венгрия, Чехия, Болгария, Словакия, Украина. Недостатком такого варианта является полная зависимость от иностранного поставщика.

Обеспечение ядерным топливом своих атомных электростанций по второму варианту проводят страны, имеющие полный комплекс ядерных технологий, в том числе технологии изотопного обогащения урана. Реализация такого варианта в Украине нецелесообразна в связи с тем, что разработка и внедрение всего комплекса необходимых технологий потребует значительных затрат.

Оптимальным для Украины является третий вариант, по которому в Украине создается производство ядерного топлива с приобретением у зарубежных фирм и внедрением технологий изготовления комплектующих изделий, топливных таблеток и тепловыделяющих сборок, а также приобретением на мировом рынке услуг по конверсии и обогащению урана для отечественного производства ядерного топлива.

В 2010 г. в Украине проведен конкурс по выбору технологии производства ядерного топлива в Украине. Победителем конкурса признано ОАО "ТВЭЛ" Российской Федерации.

Исходя из правительственных решений по строительству завода по производству ядерного топлива, приказом Генерального директора ГК "Ядерное топливо" №64 от 08.12.2010 г. была создана рабочая группа по выбору площадки для размещения завода по производству ядерного топлива в Украине. Рабочей группой на основании предложений местных органов власти были определены три возможные площадки для размещения завода (протокол №1 от 24.12.2010 г.):

- Кировоградская область (п.г.т. Смолино);
- Днепропетровская область (г. Желтые Воды);
- Киевская область (г. Славутич).

Предложенные площадки рассматривались на соответствие требованиям документа "Критерии и требования к площадке для размещения производственного комплекса", согласованного Государственной инспекцией ядерного регулирования Украины и утвержденного Генеральным директором ГК "Ядерное топливо" 20.04.2010 г.

Комиссия по выбору площадки для размещения завода по производству ядерного топлива в Украине признала площадку в районе п.г.т. Смолино Маловисковского района Кировоградской области, соответствующей установленным критериям и требованиям для размещения завода (Протокол №3 от 18.08.2011 г.). Площадка строительства утверждена распоряжением КМУ от 27.06.2012 № 437-р «Вопросы размещения, проектирования и строительства завода по производству ядерного топлива для реакторов типа ВВЭР -1000».

Организация завода по производству ядерного топлива в Украине обеспечит:

- производство ТВС в объемах, которые будут полностью соответствовать потребностям АЭС Украины;
- развитие предприятий атомной промышленности Украины и стабилизацию их финансового состояния;
- создание дополнительно 454 новых рабочих мест;
- максимальное использование местных трудовых, производственных, научно-технических и др. ресурсов;
- существенное повышение уровня энергетической безопасности страны.

Кроме этого положительным экологическим фактором для ЗПЯТ является то, что площадка завода размещается на промышленной территории, в границах земельного отвода Смолинской шахты. Дополнительного отвода земель и изъятия их из сельскохозяйственного оборота не требуется.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, НА КОТОРЫЕ ОКАЗЫВАЕТСЯ ЗНАЧИТЕЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Основное воздействие планируемой деятельности будет оказываться на воздушную среду.

По данным на 1.01.2012 в атмосферный воздух территории области от стационарных источников загрязнения предприятий осуществлен выброс загрязняющих веществ в объеме 15,2 тыс.т [4].

В структуре общего объема выбросов преобладают вещества в виде суспензированных частиц (22,4 %), окиси углерода (31,6 %), сернистый ангидрид (9,2 %), соединений азота (12,5 %), НМЛОС (5,3 %).

Кроме этого, в атмосферу поступило 1,8 млн. т диоксида углерода (углекислого газа), который имеет парниковый эффект.

В структуре общего объема выбросов большую долю составляют промышленные комплексы г. Кировоград, Головановский, Гайвороновский, Петровский, Светловодский, Новоукраинский районы области.

В районе размещения завода по производству ядерного топлива предприятием, которое лимитирует загрязненность атмосферы, является Смолинская шахта ГП "ВостГЭК".

Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферный воздух шахтой и лимитирующими загрязненность атмосферы, являются азота диоксид, углерода оксид, ангидрид сернистый, пыль неорганическая, в которой содержатся естественные радионуклиды ($U_{ест.}$; Ra-226; Th-230; Pb-210; Po-210).

Годовой объем загрязняющих веществ в выбросах шахты составляет 251,32 т.

Содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на территории промплощадки шахтного комплекса и в его режимных зонах согласно данным мониторинговых наблюдений предприятия [5] приведено в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на территории промплощадки Смолинской шахты, ее СЗЗ и ЗН

Наименование показателя	Промплощадка шахты	Санитарно-защитная зона	Зона наблюдения
Пыль рудная, мг/м ³	0,48	0,328	н.п.и.
Азота диоксид, мг/м ³	н.п.и.	н.п.и.	н.п.и.
Углерода оксид, мг/м ³	н.п.и.	н.п.и.	н.п.и.
Ангидрид сернистый, мг/м ³	н.п.и.	н.п.и.	н.п.и.
$\Sigma \alpha$ -активность, Бк/м ³	$14,38 \cdot 10^{-4}$	$8,954 \cdot 10^{-4}$	$4,486 \cdot 10^{-4}$
Уран природный, Бк/м ³		0,0025-0,003	
Радий-226, Бк/м ³		0,0027-0,0032	

Примечание: н.п.и. – ниже предела измерения.

Загрязненность воздушного бассейна в районе п.г.т. Смолино по данным областного центра по гидрометеорологии приведена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Загрязненность атмосферного воздуха п.г.т. Смолино

Загрязняющее вещество	Концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе региона, мг/м ³	Предельно допустимая концентрация для населенных мест, мг/м ³ [6]
Железа оксид	0,016	0,04*
Марганец и его соединения	0,004	0,01
Азота диоксид	0,008	0,2
Сажа	0,06	0,15
Ангидрид сернистый	0,02	0,5
Углерода оксид	0,4	5,0
Фтористый водород	0,008	0,02
Пыль неорган. (SiO ₂ 70-20%)	0,12	0,3
Аэрозоль эмульсола	0,02	0,05**

* - среднесуточные ПДК, мг/м³;

** - ориентировочно-безопасные уровни воздействия, мг/м³.

Загрязненность воздушного бассейна по химическим и радиоактивным веществам ниже предельно допустимых значений.

4 ОПИСАНИЕ МОДЕЛЕЙ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Для оценки воздействия завода на воздушную среду производится расчет рассеивания химических загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха с помощью программного комплекса ЭОЛ-Плюс, рекомендованного к использованию Минприроды Украины. В данном программном комплексе осуществляется расчет концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий по методике ОНД-86.

Для моделирования распространения примесей в атмосфере и формирования доз, обусловленных выбросами радионуклидов, использованы программные комплексы РС COSYMA, разработанный в National Radiological Protection Board (Национальный комитет по радиационной защите, Англия) для аварийных ситуаций, и CAP88, разработанный в Environmental Protection Agency (Агентство по охране окружающей среды, США) для режима нормальной работы предприятия.

4.1 Краткое описание модели CAP88

CAP88 – это пакет программ для оценки выполнения закона о чистоте воздуха от 1988 г., который представляет собой набор компьютерных программ и баз данных для оценки дозы и риска от выбросов радионуклидов в атмосферу. Описание программного комплекса CAP88 приведено в работе [7,8]. Система предназначена для оценки доз и рисков от выбросов радионуклидов в атмосферу и позволяет вычислять следующие параметры:

- активность радионуклидов в воздухе;
- активность радионуклидов, осевших на поверхность земли;
- активность радионуклидов в продуктах питания (для расчета концентраций в продуктах, зеленых овощах, молоке и мясе, потребляемых человеком используются модели наземных пищевых цепочек, рекомендованные МАГАТЭ);
- активность радионуклидов, попавших в организм человека с пищевыми продуктами, произведенными в исследуемой области.

Оценки выполняются для круговой сетки расстояний и направлений радиусом 80 км (50 миль) вокруг источника.

Программный комплекс не предназначен для кратковременных выбросов или выбросов радионуклидов высокой активности, так как оценка дозы и риска применима только для хронического облучения низкого уровня.

База данных включает 825 радионуклидов плюс 13 цепочек распада. Дозовые коэффициенты и факторы риска основаны на Публикации МКРЗ № 72.

САР88 использует модифицированное уравнение Гаусса для шлейфа выброса, чтобы оценить среднее рассеяние радионуклидов, выброшенных из нескольких источников (до шести, однако все источники моделируются так, как будто они располагаются в одной и той же точке и для каждого источника используется один и тот же механизм образования всплывающего шлейфа). Сухое осаждение вычисляется с помощью модели истощения источника, а влажное осаждение – с использованием коэффициентов вымывания. Концентрации на поверхности земли и в почве вычисляются для времени накопления 100 лет с учетом скорости выведения радионуклидов из грунта равной 2 % в год. В САР88 время облучения при оценке доз и рисков – 50 лет.

Доза и риск оценивается комбинированием воздействия радионуклидов, инкорпорированных человеком за счет вдыхания, потребления загрязненных пищевых продуктов и внешнего облучения от радионуклидов в воздухе и на поверхности земли. Эффективная эквивалентная доза вычисляется с использованием весовых множителей из Публикации МКРЗ № 72. Вычисляются дозы для 23 внутренних органов. А 24-я доза есть полная эффективная эквивалентная доза на все тело.

Гауссова модель шлейфа, используемая в САР88 – одна из наиболее часто используемых моделей в методиках по радиационной безопасности многих стран (в том числе и в Украине). Она дает результаты, которые согласуются с экспериментальными данными так же хорошо, как и результаты других моделей, но при этом САР88 является довольно простой в работе и совместима с произвольным характером турбулентности.

Математические модели

Подъем шлейфа

Характер рассеяния выбросов, наряду с погодными факторами, зависит от температуры, скорости истечения выбрасываемых газов и взаимодействия ветрового потока с расположенными вблизи места выброса зданиями. Перегрев по отношению к окружающему воздуху и скоростной напор выбрасываемых газов вызывают подъем струи над точкой выброса. Влияние зданий сводится к искажению ветрового потока вблизи них и к образованию зоны устойчивой циркуляции воздуха за зданием, так называемой аэродинамической тени. При этом выбрасываемая примесь может попадать в зону аэродинамической тени и быстро достигать поверхности земли. В результате за зданием образуется объемный источник примеси. Степень вовлечения выбрасываемой примеси в зону тени зависит от места расположения устья трубы. Если источник выброса настолько высок, что линии тока, проходящие через точку выброса, не попадают в зону смещения потока, то образуется, правильная струя и выбросы не будут вовлечены в зону тени. При низких источниках, выбросы из которых попадают в зону смещения потока, часть примеси окажется вовлеченной в зону аэродинамической тени, а часть реализуется в форме приподнятой струи.

САР88 вычисляет подъем шлейфа с использованием уравнения Руппа (импульсный режим) или уравнений Бриггса (всплывающий нагретый шлейф). В данной работе использовалось уравнение Руппа:

$$\Delta h = 1,5 \cdot v \cdot d / \mu,$$

где:

Δh – подъем шлейфа, который добавляется к фактической высоте дымовой или вентиляционной трубы h для определения эффективной высоты трубы $h_{эфф}$, м;

v – скорость выброса из трубы, м/с;

d – внутренний диаметр трубы.

Рассеивание шлейфа

Рассеивание шлейфа моделируется уравнением Гаусса для шлейфа:

$$A = \left(\frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z\mu} \right) \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \times \left\{ \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z - h_{эфф}}{\sigma_z} \right)^2 \right] + \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z + h_{эфф}}{\sigma_z} \right)^2 \right] \right\}, \quad (4.1)$$

где A – концентрация в воздухе на расстоянии x метров с подветренной стороны, y метров перпендикулярно направлению ветра и z метров над землей, Ки/м³;

Q – скорость выброса радионуклидов из трубы, Ки/с;

μ – скорость ветра, м/с;

σ_y, σ_z – горизонтальный и вертикальный коэффициенты дисперсии, м;

$h_{эфф}$ – эффективная высота трубы, м.

Расстояние с подветренной стороны x входит в уравнение (4.1) через σ_y и σ_z , которые являются как функциями x , так и функциями атмосферного класса стабильности по Пасквиллу. САР88 преобразовывает A из единиц Ки/м³ к единицам пКи/см³.

Уравнение (4.1) дает для концентраций радионуклидов в воздухе на уровне земли вдоль осевой линии выходящего шлейфа (при установке значений y и z в ноль) следующее выражение:

$$A_{00} = (Q/\pi\sigma_y\sigma_z\mu) \cdot \exp[-1/2(h_{эфф}/\sigma_z)^2]$$

Для расчета концентрации в приземном слое, усредненной по угловому сектору (22,5° вокруг осевой линии шлейфа), используется следующее уравнение:

$$A_{ср} = f \cdot A_{00}, \text{ где}$$

$$f = \int^{\infty} \exp\left[-1/2(y/\sigma_y)^2\right] dy / y_s = \sigma_y (\pi/2)^{1/2} / y_s, \text{ и} \quad (4.2)$$

$$y_s = \tan(11,5^\circ) \cdot x.$$

С подстановкой этого выражения усредненная по сектору концентрация нуклидов в воздухе на уровне земли становится:

$$A_{00} = (Q/0,15871\pi x \sigma_z \mu) \cdot \exp[-1/2(h_{эфф}/\sigma_z)^2].$$

Этот метод усреднения по сектору сжимает шлейф внутри границ каждого из шестнадцати связанных друг с другом 22,5 градусных секторов. Для неустойчивых классов устойчивости атмосферы по Пасквиллу, в которых горизонтальное рассеяние достаточно велико для того, чтобы значительно выходить за пределы сектора, этот метод не точен.

Как часть входных данных, для оцениваемой области предусматривается значение средней «верхней границы». Считается, что «верхняя граница» не воздействует на шлейф, пока x (расстояние с подветренной стороны) не становится равным $2x_L$, где $2x_L$ – значение x , для которого $\sigma_z = 0,47L$ (L является высотой «верхней границы»). Для значений больше, чем $2x_L$, вертикальное рассеяние ограничено, и концентрация радионуклидов в воздухе считается одной и той же от основания до «верхней границы».

Средняя концентрация между землей и «верхней границей», которая является концентрацией в воздухе в приземном слое для значений больших, чем $2x_L$, может быть записана, как:

$$A_{cp} = \left(\int_0^{\infty} A dz \right) / L, \quad (4.3)$$

где A взято из уравнения (1), значение $h_{эфф}$ в этом уравнении можно установить равным нулю, так как A_{cp} не является функцией эффективной высоты трубы.

Результат интегрирования выражения (2.3) представлен ниже:

$$A_{cp} = (Q/2,5066\sigma_y L \mu) \cdot \exp(-y^2/2\sigma_y^2) \quad (4.4)$$

Усредненная по сектору концентрация радионуклидов в приземном слое может быть получена заменой экспоненциального выражения в (4.4) на f (уравнение (4.2)):

$$A_{cp} = Q/0,397825xL\mu \quad (4.5)$$

Следует отметить, что для расстояний с подветренной стороны, превышающих по величине $2x_L$, нельзя больше считать, что рассеяние (4.5) описывается уравнением Гаусса. Эта модель является просто моделью равномерного распределения на прямоугольнике размерности L на $2x \cdot \tan(11,5^\circ)$. Наличие силы тяжести обрабатывается программой установки крена шлейфа, выходящего из трубы, вниз (после его выравнивания на высоте $h_{эфф}$), вычитанием $V_g \cdot x / \mu$ из $h_{эфф}$ в уравнениях рассеивания шлейфа.

Для САР88 значение V_r устанавливается, по умолчанию, равным нулю, и не может быть изменено пользователем.

Учет повторяемости направлений ветра для каждой из категорий стабильности атмосферы в САР88 производится по формуле:

$$A_i(x, z) = \sum_j f_{i,j} A_{i,j}(x, z),$$

где $f_{i,j}$ – частота повторяемости направления ветра в определенный сектор (i) для категории стабильности атмосферы j; x – расстояние от источника.

Коэффициенты дисперсии

Горизонтальные и вертикальные коэффициенты дисперсии σ_y и σ_z , используемые для вычисления рассеяния и определения удаляемой доли радионуклидов, являются различными функциями расстояния x с подветренной стороны для каждого класса устойчивости атмосферы по Пасквиллу в условиях открытой местности, они приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Горизонтальные и вертикальные коэффициенты дисперсии, как функции расстояния с подветренной стороны

Класс устойчивости по Пасквиллу	σ_y	σ_z
A	$0,22x(1+0,0001x)^{-1/2}$	0,2x
B	$0,16x(1+0,0001x)^{-1/2}$	0,12x
C	$0,11x(1+0,0001x)^{-1/2}$	$0,08x(1+0,0002x)^{-1/2}$
D	$0,08x(1+0,0001x)^{-1/2}$	$0,06x(1+0,0015x)^{-1/2}$
E	$0,06x(1+0,0001x)^{-1/2}$	$0,03x(1+0,0003x)^{-1}$
F	$0,04x(1+0,0001x)^{-1/2}$	$0,016x(1+0,0003x)^{-1}$

Истощение шлейфа

Общее содержание примеси в облаке выброса по мере его движения со средним ветром уменьшается в результате: сухого осаждения, вымывания осадками («влажного» осаждения) на поверхность земли, радиоактивного распада и изменения вследствие радиоактивных превращений в изобарной цепочке материнских радионуклидов. Первые три процесса описываются так называемым фактором истощения $F = Q'/Q$, представляющим собой долю выброшенного количества нуклидов, остающихся в облаке к моменту, когда оно удалится на расстояние x от точки выброса. Результатом действия первых двух процессов выведения из атмосферы является формирование потока выпадений примеси на поверхность земли.

Сухое осаждение

Сухое осаждение смоделировано таким образом, что оно является пропорциональным концентрации радионуклида в приземном слое: $R_{сyx} = V_r \cdot A$, где $R_{сyx}$ – скорость осаждения радионуклида на единицу площади

(пКи/(см²·с)); V_{Γ} – скорость осаждения (см/с); A – концентрация радионуклидов в воздухе в приземном слое (пКи/см³).

Константа пропорциональности V_{Γ} обычно выше, чем фактическая, т.е. измеряемая скорость осаждения радионуклидов на поверхность земли. V_{Γ} должна включать осаждение радионуклидов вследствие перехвата радиоактивных осадков листвой, которая впоследствии опадает на землю и, таким образом, увеличивает величину осаждения радионуклидов. Значения по умолчанию для скорости осаждения, используемые программой SAR88 равны $3,5 \cdot 10^{-2}$ м/с для йода, $1,8 \cdot 10^{-3}$ м/с для аэрозолей и 0 м/с для газов.

Влажное осаждение

Доля частиц, осажденных из шлейфа с помощью дождя или снега, моделируется следующим уравнением:

$$R_{\text{вл}} = \Phi \cdot A_{\text{ср}} \cdot L,$$

где $R_{\text{вл}}$ – скорость осаждения на поверхность (пКи/(см²·с)); Φ – коэффициент вымывания (с⁻¹); $A_{\text{ср}}$ – средняя концентрация радионуклидов в шлейфе вплоть до «верхней границы» (пКи/см³); L – высота «верхней границы» (уровень тропосферного перемешивания, высота перемешивающегося слоя).

Коэффициент вымывания вычисляется в программе SAR88 умножением доли годовых осадков (в см/год) на $1 \cdot 10^{-7}$ год/(см·с).

Фактор истощения

Доля удаленных из шлейфа радионуклидов (отношение уменьшенного за счет вышеперечисленных факторов количества выброшенных радионуклидов Q' к первоначальному количеству выброшенных радионуклидов Q) для каждого из расстояний x с подветренной стороны состоит в этом случае из трех компонентов:

$$F = Q'/Q = (Q'/Q)_{\text{вл}} \cdot (Q'/Q)_{\text{сух}} \cdot (Q'/Q)_{\text{рас}} = F_{\text{вл}} \cdot F_{\text{сух}} \cdot F_{\text{рас}}$$

Доля удаления радионуклидов при помощи осадков для каждого из расстояний x с подветренной стороны составляет:

$$F_{\text{вл}} = \exp(-\Phi t),$$

где Φ – коэффициент вымывания (с⁻¹); t – время (с), которое требуется шлейфу, чтобы достичь расстояния x с подветренной стороны.

Доля удаленных из шлейфа радионуклидов за счет сухого осаждения получается из (4.1) приравниванием значения z к нулю (для концентраций у поверхности земли), и вычитанием величины $V_{\Gamma} \cdot x / \mu$ из $h_{\text{эфф}}$ для шлейфа, обладающего некоторым креном:

$$F_{\text{сух}} = \exp \left\{ - (2/\pi)^{1/2} \cdot (V_{\text{сух}}/\mu) \int_0^x \left(\exp \left(- (h_{\text{эфф}} - V_{\Gamma} x/\mu)^2 / 2\sigma_z^2 \right) / \sigma_z \right) dx \right\}$$

Значения удаленной доли для случаев, где V_{Γ} равно нулю, получаются из отдельной подпрограммы SAR88. Подпрограмма использует значения

удаленной доли, рассчитанной для последовательности высот выделения радионуклидов и расстояний с подветренной стороны с использованием правила Симпсона, при следующем условии: $V_{вл} = 0,01$ м/с и $\mu = 1$ м/с, для каждого класса устойчивости по Пасквиллу. Подпрограмма преобразовывает эти значения линейной интерполяцией к соответствующему значению для требуемого направления ветра, высоты выделения радионуклидов и классу устойчивости по Пасквиллу, и согласовывает его с фактической скоростью осаждения и скоростью ветра.

Для расстояний с подветренной стороны больших чем $2x_L$ (уравнение (4.4)), удаление радионуклидов из шлейфа моделируется следующим уравнением: $Q'_x / Q'_{2xL} = \exp[-(V_{сyx}(x - 2xL)/L\mu)]$, которое вычисляет уменьшение долей выделенных радионуклидов на расстояниях x и $2xL$, соответственно.

Доля уменьшения количества радионуклидов в шлейфе за счет радиоактивного распада составляет: $F_{рас} = \exp(-\lambda_t t)$, где λ_t – эффективная постоянная распада в шлейфе. λ_t – не является истинной постоянной радиоактивного распада во всех рассматриваемых случаях. Например, если радионуклид является короткоживущим продуктом распада, находящимся в равновесии с долгоживущим материнским изотопом, то эффективная постоянная распада была бы равна истинной постоянной распада материнского изотопа.

Для того, чтобы вычислить уменьшение долей выброшенных радионуклидов, которое происходит за счет радиоактивного распада, и потери радионуклидов от атмосферных осадков, программа CAP88 использует приближенный вычислительный метод, который устанавливает три скорости ветра (1 м/с, среднюю скорость ветра и 6 м/с), чтобы смоделировать реальный спектр распределения ветра по скоростям для каждого отдельно взятого направления ветра и класса устойчивости атмосферы по Пасквиллу.

Концентрации на поверхности земли

Концентрации на поверхности земли и в почве вычисляются для тех радионуклидов, которые подвергаются сухому осаждению и вымыванию. Время накопления для суммарного осаждения принято равным 100 лет. Это значение устанавливает 100-летнюю отсечку для времени, которое прошло после выброса радионуклидов, т.е. считается, что за этот период может иметь место значительное внутреннее поступление радионуклидов или внешнее облучение, связанное с их осаждением на грунт. После осаждения транспорт радионуклидов представляется отдельными камерными моделями почвы и продуктов питания.

Прирост от материнского радионуклида вычисляется с использованием фактора прироста продукта распада, который есть соотношение концентрации продукта распада, получающегося из единичной доли осажденного материнского радионуклида, и самого продукта распада,

соответственно. Эти факторы вычисляются для 100-летнего времени накопления, при учете скорости удаления радионуклидов из грунта (с поверхности почвы) равной 2 % в год.

Индивидуальные дозы облучения

Для всех путей облучения индивидуальная доза вычисляется с помощью общего уравнения:

$$H = (E \cdot DF \cdot K) / P$$

где:

E – экспозиционная величина (человеко-пКи/см³);

DF – фактор мощности дозы (мбэр·год/(пКи·м³);

P – число людей подвергшихся облучению;

K – коэффициент пропорциональности (10⁻³ нКи/пКи · 10⁶ см³/м³).

Коэффициенты, входящие в это уравнение, подробно описаны в работах Публикации МКРЗ № 72.

Коллективные дозы облучения

Коллективная доза облучения населения получают суммированием для всех сегментов сектора, долей поступления радионуклидов с пищей и путем вдыхания, и экспозиционной доли, умноженных на соответствующие коэффициенты пропорциональности для дозы (в человеко-бэр/год).

4.2 Краткое описание модели PC COSYMA

PC COSYMA (Code System for MARIA) – это пакет программ для моделирования последствий аварийных выбросов радиоактивных веществ в атмосферу. PC COSYMA была разработана совместно Национальной комиссией по радиационной защите (Великобритания) и Forschungszentrum Karlsruhe (Германия) как часть проекта MARIA (Methods for Accidental Radiation Impact Assessment) Европейской Комиссии.

Описания программного комплекса PC COSYMA и его отдельных модулей приведены в работе [9]. Система предназначена для расчета радиационного воздействия аварийных (не продолжительных) выбросов в атмосферу радиоактивных веществ.

Система позволяет оценить следующие параметры и последствия:

- объемную активность радионуклидов в приземном слое воздуха и активность, осевшую на поверхность земли в определенных точках местности;
- ожидаемые индивидуальные и коллективные дозы за выбранные периоды времени;
- количество людей, охваченных контрмерами (укрытие, эвакуация, раздача таблеток со стабильным йодом, переселение, дезактивация, ограничение использования с/х продукции) и площадь территории, на которой применяются контрмеры;

- количество запрещенной для употребления сельскохозяйственной продукции;
- количество летальных и не летальных заболеваний;
- экономическую стоимость проведения контрмер и лечения.

Система может использоваться для детерминистических и вероятностных оценок. Детерминистические оценки дают возможность вычислять последствия для одной установки метеорологических условий, а вероятностные – принимают во внимание вероятный разброс метеоусловий, которые могут быть во время аварии.

Моделирование транспорта примесей в атмосфере выполняется в модуле MUSEMET. В этом модуле используется модель сегментированного Гауссова пятна, которая учитывает почасовые изменения скорости и направления ветра, категории стабильности атмосферы и количества осадков, влияющих на выброшенные вещества. Модель допускает, что метеоусловия во всем интересующем регионе одинаковые. Почасовые изменения метеоусловий учитываются только при вероятностной оценке. При детерминистической оценке принимается, что метеоусловия (скорость и направление ветра, категория стабильности атмосферы и количество осадков) не изменяются в течение всего интересующего периода. MUSEMET использует высоту перемешивающегося слоя атмосферы, горизонтальные и вертикальные дисперсионные коэффициенты, которые являются функциями стабильности атмосферы. Дисперсионные коэффициенты имеют две величины параметров – для гладких (с/х регионы) и неровных (города) поверхностей.

В данной работе использованы детерминистические оценки для одной наиболее неблагоприятной категории погоды (критический подход).

В системе могут приниматься во внимание следующие пути облучения населения: внешнее гамма-излучение радионуклидов в облаке выброса; внутреннее облучение от вдыхаемых из облака выброса радионуклидов; внешнее бета-излучение радионуклидов, осевших на кожу и одежду; внешнее гамма-излучение осевших на поверхность земли радионуклидов; внутреннее облучение от поднимаемой с поверхности земли пыли; внутреннее облучение от потребленных пищевых продуктов, загрязненных радионуклидами.

4.3 Описание основных подходов, используемых для моделирования

Метеорологические параметры

В расчетах нормальной (не аварийной) эксплуатации использовались метеоусловия, характерные для расположения ЗПЯТ, полученные на основе распределения по категориям стабильности атмосферы [10] и климатической характеристики, предоставленной Управлением по вопросам чрезвычайных ситуаций и защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы Кировоградской областной государственной администрации

(Приложение А). Использована система распределения по категориям устойчивости Пасквилла/Смита/Хоскера.

Выбор метеорологических условий для аварийной ситуации произведен на основе расчетов доз облучения населения, т.е. выбраны наиболее неблагоприятные метеоусловия при которых дозы максимальны (консервативный подход). Принята наиболее неблагоприятная категория стабильности атмосферы – D. Высота перемешивающегося слоя 560 м. Скорость ветра 2 м/с. Осадки – 25 мм/ч. Принимается, что метеорологические условия не меняются во время движения облака выброса.

Параметры, используемые в моделях

Распределение сельскохозяйственной продукции по территории принимается однородным.

При расчете индивидуальных доз принято консервативное предположение, что все потребляемые продукты выращиваются в данной местности.

Расчет для режима нормальной эксплуатации производился для ста лет.

4.4 Краткое описание модели автоматизированной системы расчета рассеивания выбросов вредных веществ в атмосфере "Эол-Плюс"

В настоящее время единственным утвержденным документом по расчетам рассеивания вредных химических веществ в атмосферном воздухе является "Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86".

Методика ОНД-86 предназначена для выполнения прогноза загрязнения атмосферного воздуха. В основе моделирования рассеивания загрязняющих веществ по данной методике лежит решение уравнения турбулентной диффузии. ОНД-86 устанавливает требования в части расчета концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе при размещении и проектировании предприятий, нормировании выбросов в атмосферу реконструируемых и действующих предприятий, а также при проектировании воздухозаборных сооружений.

Утвержденная на государственном уровне (еще во времена СССР) "Методика ОНД-86", в настоящее время реализована в виде программного продукта "Эол-Плюс". В составе АРМ "Эколог" эта система рекомендована Министерством экологии и природных ресурсов к применению на территории Украины.

Критериями оценки санитарно-экологического состояния воздушной среды являются максимальные разовые ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. При отсутствии нормативов ПДК, вместо них используются значения ОБУВ.

Автоматизированная система расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосфере "Эол-Плюс" предназначена для оценки влияния вредных выбросов проектируемых и действующих

(реконструируемых) предприятий на загрязнение приземного слоя атмосферы.

Система позволяет рассчитывать поля загрязнений для точечной модели источника выброса вредных веществ с круглым и прямоугольным устьем трубы, линейной модели, двух моделей площадного источника (модели пруда-отстойника и модели источника, состоящего из множества одиночных точечных источников, расположенных близко друг от друга, с одинаковыми значениями конструктивных и технологических характеристик). По желанию пользователя при оценке влияния проектируемых и реконструируемых предприятий на загрязнение атмосферы расчет производится с учетом фоновых (существующих) концентраций.

При расчете рассеивания учитываются рельеф местности, стратификация атмосферы, коэффициент оседания загрязняющих веществ.

Автоматизированная система Эол-Плюс функционирует в операционной среде Microsoft Windows 3.x, 9.x и NT/

Модуль расчета - главная часть процесса моделирования. Здесь - автоматически производится оценка влияния смоделированного объекта (промышленной площадки) на загрязнение атмосферы в расчетных точках..

Главная формула: $C = \text{Max}(\sum C_i)$, где

C - максимальная приземная концентрация в расчетной точке (мг/м³ или долях ПДК).

C_i - концентрация, создаваемая отдельными источниками, включенными в расчет.

C_i - функция от характеристик источников, метеорологических и географических условий региона, скорости ветра, направления ветра и расположения точки расчета и источника выброса.

Для определения опасности загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха выбросами загрязняющих веществ рассчитывают наибольшую концентрацию этих веществ в расчетной точке, соответствующей наиболее неблагоприятным условиям (когда скорость ветра достигает опасного значения u_m , наблюдается интенсивный вертикальный турбулентный обмен).

Максимальная концентрация - результат перебора множества концентраций, создаваемых источниками при различной скорости ветра и при различных направлениях ветра.

Расчетами определяются разовые концентрации загрязняющих веществ, относящиеся к 20-30-минутному интервалу осреднения.

Главные отличительные особенности вычисления:

Поддержка экстремального моделирования ситуаций. Система автоматически выбирает самый отрицательный прогноз загрязнения атмосферы в рамках достижения максимальной концентрации на расчетной площадке.

Поддержка относительной оценки состояния атмосферы. Система поддерживает вычисление концентрации в абсолютных единицах (мг/м³)

также как в относительных единицах (доли ПДК (предельно допустимые предел концентрации)).

Две стадии моделирования. Моделирование включает две стадии:

Вычисление возможных влияний источников на воздушном загрязнении;

Вычисление концентраций в точках расчета;

Этот подход позволяет ускорять процесс вычисления минимизацией итераций вычислений и возможности игнорирования части выбросов после первой стадии.

Поддержка оценки фона. Возможно оценить существующие уровни фоновой концентрации, известные как результаты измерения, без включения всех источников, которые производят фоновые концентрации. Если необходимо оценить существующий источник, возможно исключить влияние фона на уровни концентраций перед вычислением.

5 Характеристика возможных видов воздействия на объекты окружающей среды

Наибольшее воздействие на окружающую среду будет осуществляться при полном развитии предприятия. С точки зрения возможного трансграничного воздействия оценивается перенос выбросов при нормальных условиях эксплуатации завода и при условиях аварий. При этом оценивается воздействие на воздушную среду в результате:

- нерадиоактивных выбросов в атмосферу (химическое воздействие);
- радиоактивных выбросов в атмосферу (радиационное воздействие).

5.1 Воздействие при условиях нормальной эксплуатации

При эксплуатации ЗПЯТ возможно негативное воздействие на окружающую природную среду и население за счет выбросов радиоактивных и химических загрязняющих веществ от технологического оборудования основного и вспомогательного производств, расположенных на промплощадке завода. Выброс загрязняющих веществ будет осуществляться через системы местной и общеобменной вытяжной вентиляции с механическим побуждением.

Отходящие воздушные смеси очищаются в системах газоочистки, после чего выбрасываются в атмосферу.

Химическое воздействие

Прогнозные расчетные показатели загрязнения [11] по всем загрязняющим веществам не превышают величины предельно-допустимых концентраций, как на проектной границе СЗЗ, так и за ее пределами, в том числе – на территории жилой застройки.

Максимальный долевым вклад выбросов предприятия в загрязнение атмосферного воздуха химическими веществами при нормальном режиме работы на границе СЗЗ прогнозируется по диоксиду азота и не превысит 0,36 долей ПДК_{м.р.}. Максимальные значения расчетных приземных концентраций загрязняющих веществ с учетом фонового загрязнения не превысят – до 0,51 долей ПДК_{м.р.} по ксилолу (I очередь) и 0,43 долей ПДК_{м.р.} по цирконии и его неорганическим соединениям (полное развитие), т.е. в 1,9 – 2,3 раза ниже допустимого уровня.

Максимальный вклад производственного комплекса завода в загрязнение атмосферного воздуха химическими веществами на границе ближайшего жилого района прогнозируется по диоксиду азота и не превысит 0,1 долей ПДК_{м.р.}. Прогнозные максимальные концентрации загрязняющих веществ с учетом фонового загрязнения на границе ближайшей жилой застройки не превысят 0,41 долей ПДК_{м.р.} (по цирконии неорганическому и его соединениям), т.е. в 2,44 раза ниже допустимого уровня.

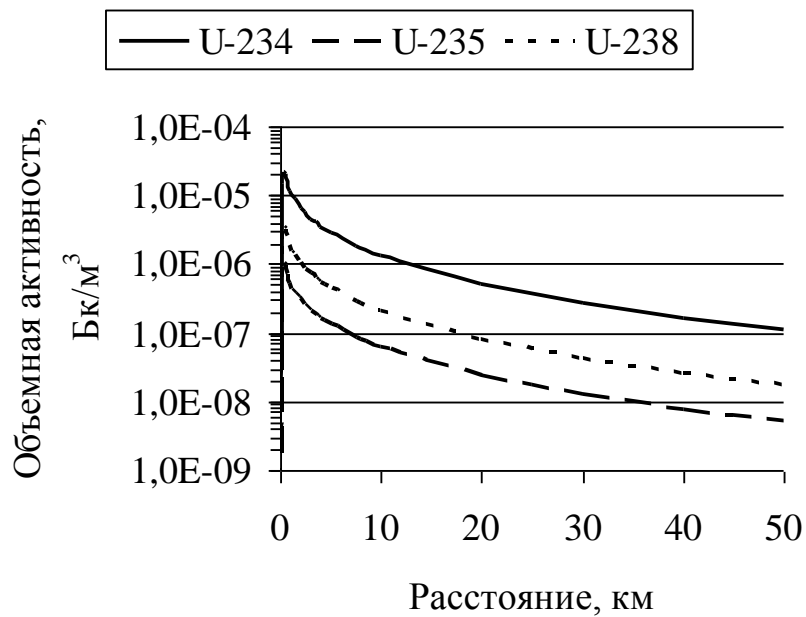
Зона влияния предприятия по химическому воздействию, территория, на которой суммарная концентрация от всей совокупности источников выброса данного предприятия, в т.ч. низких и неорганизованных источников, превышает 0,05ПДК_{м.р.} (ОНД-86), при полном развитии предприятия не превысит 2,75 км [11].

Следовательно, химическое воздействие газо-аэрозольных выбросов завода по производству ядерного топлива при его нормальной эксплуатации на сопредельные государства (расстояние до ближайшего – республики Молдова – составляет 166 км) не превысит нормативных значений концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для населенных мест.

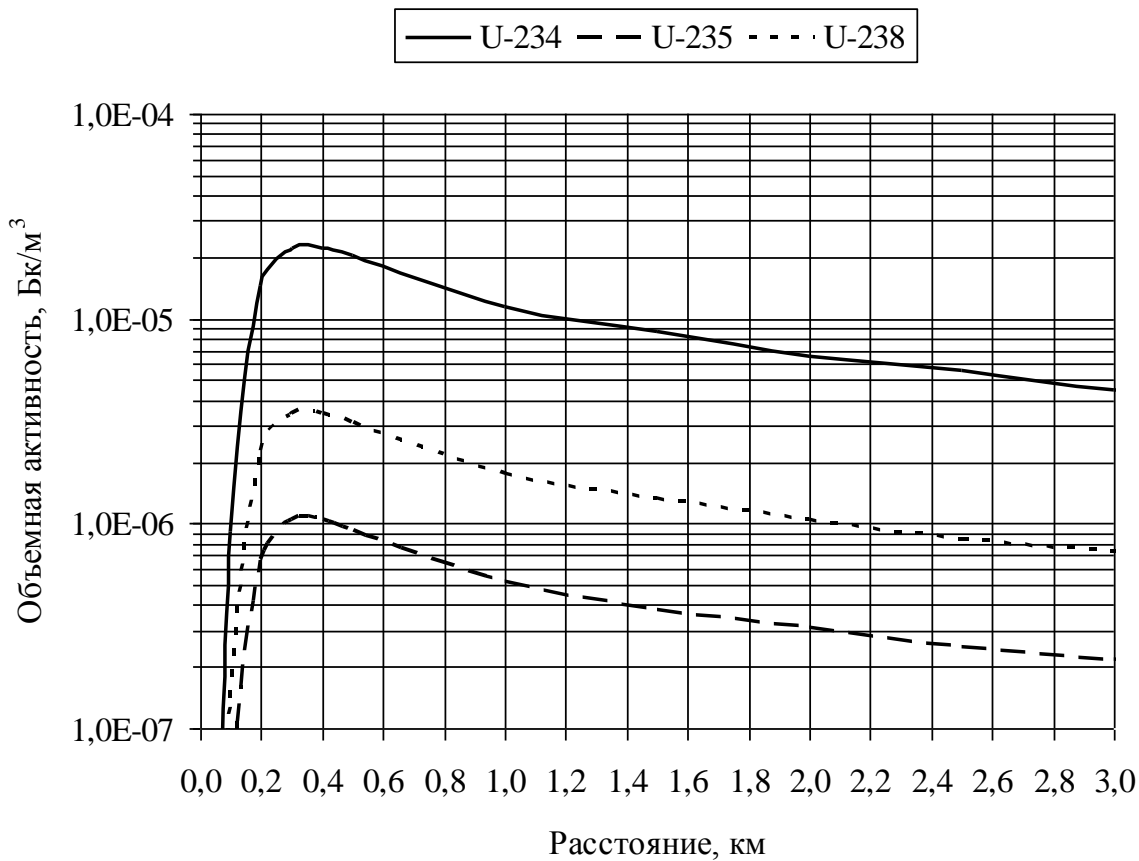
Радиационное воздействие

Радиационное воздействие завода по производству ядерного топлива на природную окружающую среду и человека возможно в результате выбросов в атмосферу от основного производства радиоактивных загрязняющих веществ (соединений урана). Основным вкладом составляют изотопы урана U-234, U-235 и U-238.

Результаты расчетов объемных активностей изотопов урана в приземном слое атмосферного воздуха [1] и плотности выпадений в зависимости от расстояния в нормальном режиме эксплуатации при полном развитии предприятия приведены на рисунках 5.1 и 5.2, а также в Приложении Б.



а)

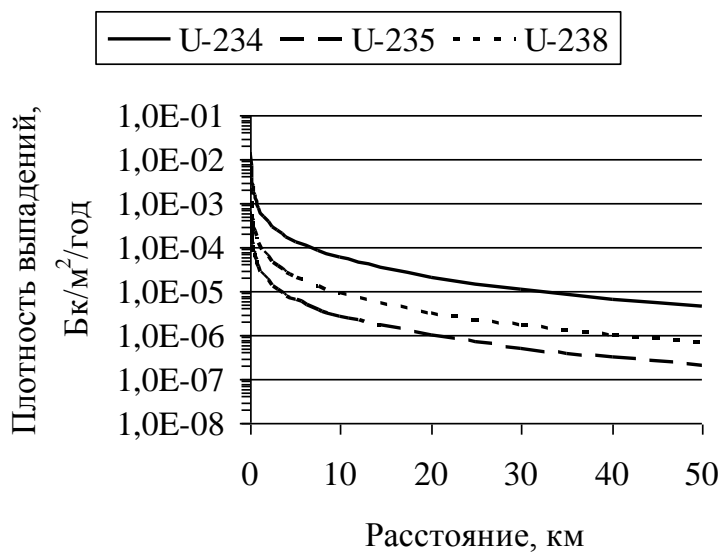


б)

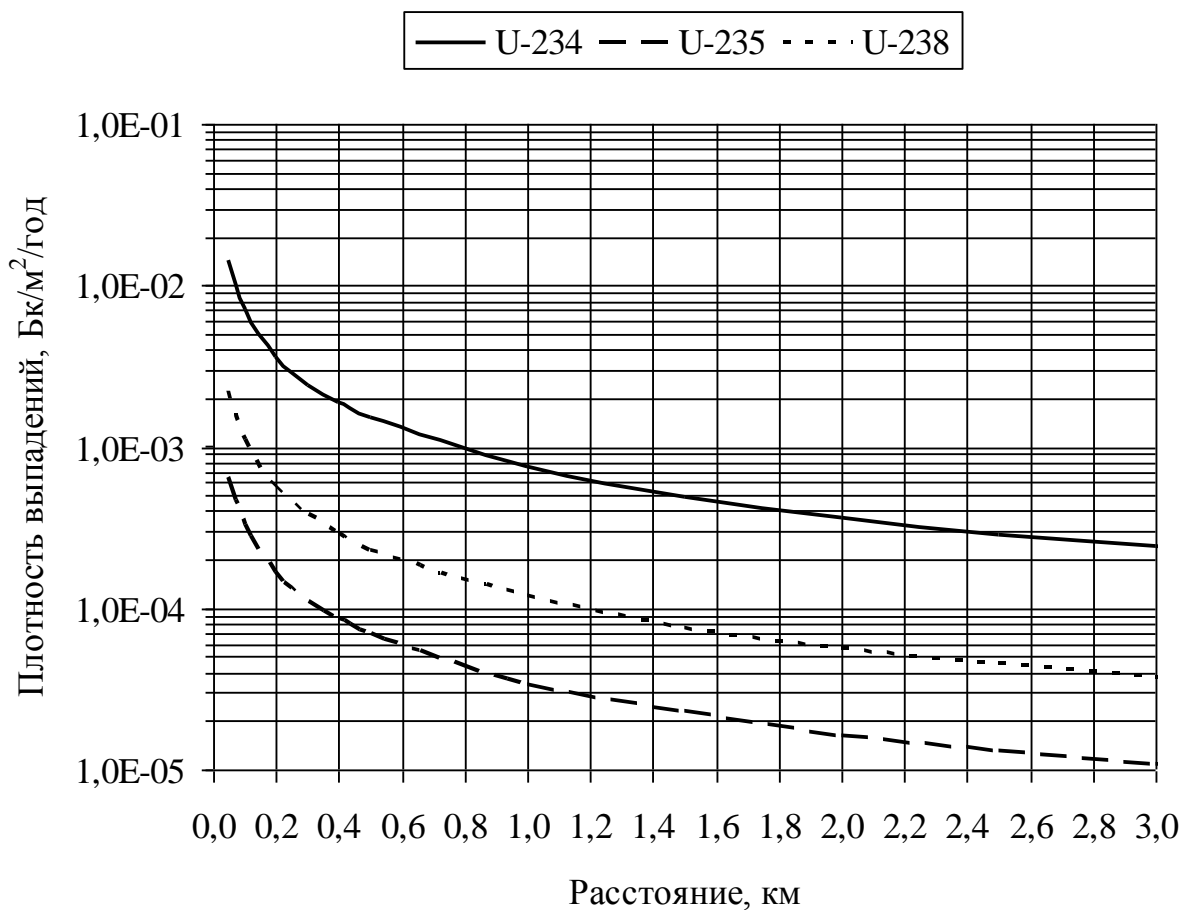
Рисунок 5.1 – Зависимости ожидаемых объемных активностей изотопов урана в приземном слое атмосферного воздуха от расстояния при нормальном режиме эксплуатации

Как видно максимальные объемные активности будут для изотопа U-234: до $2,3 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ (при полном развитии). Эти величины на 2 и

больше порядков меньше допустимых уровней для категории В (население) согласно НРБУ-97 ($2 \cdot 10^{-3}$ Бк/м³ для U-234, и $3 \cdot 10^{-3}$ Бк/м³ для U-235 и U-238).



а)



б)

Рисунок 5.2 – Зависимости ожидаемой плотности выпадений изотопов урана от расстояния при нормальном режиме эксплуатации

Максимальные выпадения на поверхность земли наблюдаются для изотопа U-234: до $1,43 \cdot 10^{-2}$ Бк/(м²·год)

Результаты расчетов ожидаемых доз облучения населения [1] в зависимости от расстояния для нормального режима эксплуатации при полном развитии приведены на рисунке 5.3 и в Приложении Б. На рисунке приведены максимальные дозы (южное направление).

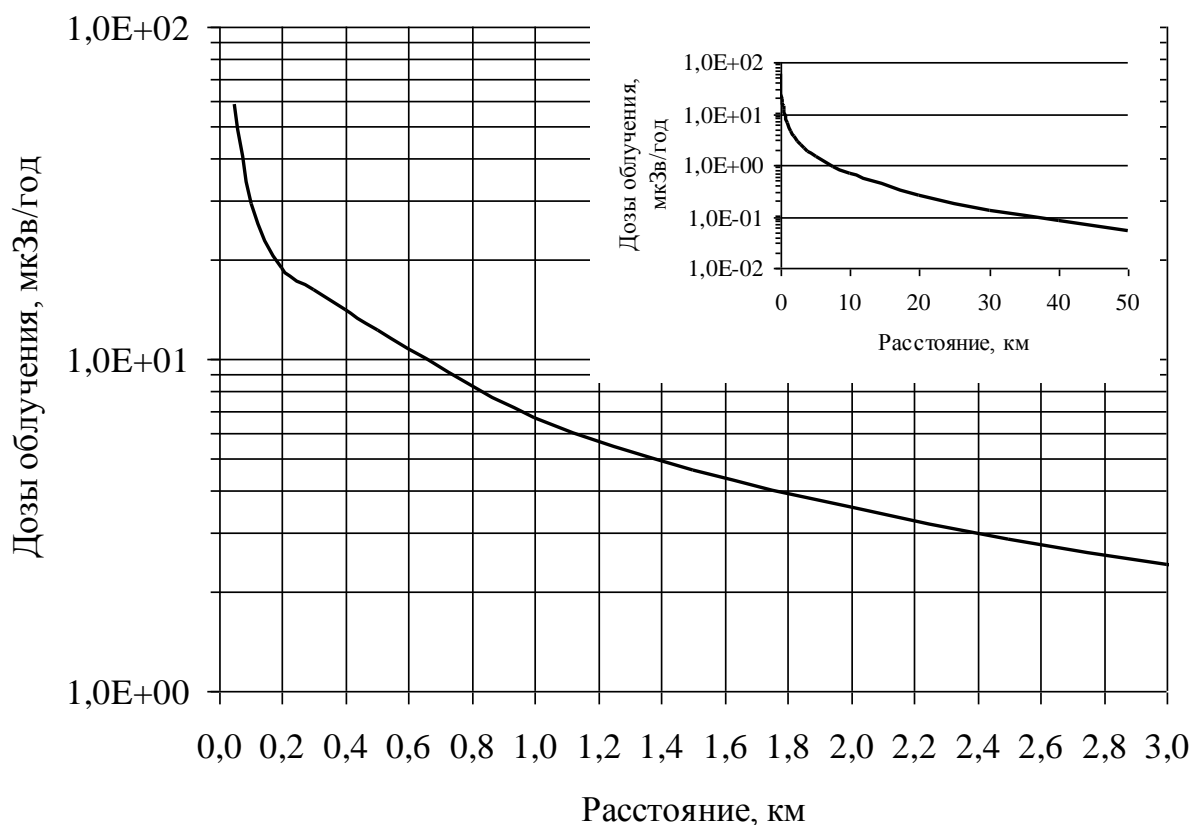


Рисунок 5.3 – Зависимости ожидаемых доз облучения населения от расстояния при нормальном режиме эксплуатации (полное развитие производства)

Как видно из рисунка, квота предела дозы за счет всех путей формирования дозы от выбросов завода РТ – 0,1 мЗв/год (100 мкЗв/год) согласно НРБУ-97 не превышает (независимо от места расположения критической группы населения). Максимальные дозы будут наблюдаться на минимальном расстоянии от источника выброса (50 м): до 0,0582 мЗв/год (при полном развитии).

В результате анализа приведенного выше материала можно сделать вывод, что уже на расстоянии 50 км значение годовой индивидуальной эффективной дозы не превысит $5,34 \cdot 10^{-5}$ мЗв/год (Приложение Б), следовательно, воздействие на сопредельные государства будет значительно

ниже установленных дозовых квот (для Украины, согласно НРБУ-97, – 0,200 мЗв/год, для большинства европейских государств она выше) и предела индивидуальной эффективной годовой дозы 1 мЗв.

5.2 Воздействие при авариях

Кроме воздействия выбросов загрязняющих веществ в штатном режиме работы завода по производству ядерного топлива, в проекте производится оценка воздействия проектных и запроектной аварий.

В проекте рассматриваются следующие аварии:

1 Проектные:

1.1 Рассыпание порошка диоксида урана при падении контейнера, при этой аварии может происходить выброс аэрозолей соединений урана.

1.2 Разгерметизация трубопровода с гексафторидом урана, при котором происходит выброс аэрозолей соединений урана и фтористого водорода.

1.3 Разгерметизация емкости с плавиковой кислотой, при этой аварии может происходить выброс фтористого водорода.

1.4 Аварийное отключение электроэнергии, при этом работают дизель-электростанции, выбрасывающие в атмосферу выхлопные газы.

1.5 Разлив плавиковой кислоты в помещении расфасовочной на площадке склада плавиковой кислоты.

1.6 Разлив плавиковой кислоты в помещении склада плавиковой кислоты.

2 Запроектная:

2.1 Самоподдерживающаяся цепная реакция.

Время ликвидации аварий 1.1, 1.2 и 1.3 составит от 5 до 20 минут по данным ОАО «ГСПИ» (г. Москва). При аварии 1.4 максимальное время работы резервных дизель-электростанций составит 24 часа. При авариях 1.5 и 1.6 время ликвидации аварийных ситуаций составит 0,2-0,5 часа, соответственно.

Химическое воздействие

Анализ проведенных расчетов рассеивания показал, что прогнозные расчетные показатели загрязнения при авариях по всем загрязняющим веществам не превышают предельно-допустимых концентраций, как на границе СЗЗ, так и за ее пределами.

В период аварийных ситуаций в производственном корпусе максимальные расчетные концентрации загрязняющих веществ с учетом фона на границе СЗЗ, формируемые выбросами от всех источников предприятия, включая аварийный выброс, прогнозируются при разгерметизации емкости с гексафторидом урана и поступлении в воздушную среду фтористого водорода (Авария 1.2).

Максимальный доленой вклад выбросов фтористого водорода в загрязнение атмосферного воздуха на границе СЗЗ при этом не превысит 0,47 долей ПДК_{м.р.}. Максимальные значения расчетных приземных

концентраций по фтористому водороду с учетом фонового загрязнения не превысят 0,87 долей ПДК_{м.р.}.

Прогнозные максимальные концентрации фтористого водорода с учетом фонового загрязнения при рассматриваемой аварии на границе ближайшей жилой застройки не превысят 0,6 долей ПДК_{м.р.}, т.е. в 1,67 раза ниже допустимого уровня.

Работа резервных дизель-генераторных электростанций при аварийном отключении электроснабжения от основного источника по общим причинам приведет к загрязнению атмосферного воздуха (Авария 1.4). Максимальные концентрации загрязняющих веществ с учетом фонового загрязнения не превысят: на границе СЗЗ – 0,41 долей ПДК_{м.р.}, на границе ближайшей жилой застройки – до 0,403 долей ПДК_{м.р.}.

Прогнозные приземные концентрации загрязняющих веществ при работе ДЭС ниже допустимого уровня: в 2,43 раза на границе СЗЗ, в 2,48 раза на границе ближайшей жилой застройки.

Максимальный доленой вклад выбросов фтористого водорода в загрязнение атмосферного воздуха на границе СЗЗ при Аварии 1.6 не превысит 0,37 долей ПДК_{м.р.}. Максимальные значения расчетных приземных концентраций по фтористому водороду с учетом фонового загрязнения на границе ближайшей жилой застройки при Аварии №5 не превысят 0,42 долей ПДК_{м.р.} т.е. в 2,39 раза ниже допустимого уровня.

Таким образом, степень прогнозного загрязнения воздушной среды химическими загрязняющими веществами от источников выбросов завода при аварийных ситуациях находится в пределах, соответствующих требованиям «Государственных санитарных правил охраны атмосферного воздуха населенных мест» ДСП 201-97.

Исходя из выше изложенного можно сделать вывод, что при проектных авариях воздействие на сопредельные государства (ближайшее расположено на расстоянии около 166 км)) за счет выбросов химических загрязняющих веществ не превысит нормативных значений для населенных мест, так как уже на границе СЗЗ (1100 м) эти требования выполняются и максимальный доленой вклад выбросов загрязняющих веществ в загрязнение атмосферного воздуха на границе ближайшей жилой застройки (2100 м) значительно снижается (от 3 до 19 раз по авариям и веществам).

Радиационное воздействие

Выброс радиоактивных веществ происходит при проектных авариях 1.1 и 1.2, а также за проектной аварии 2.1.

При проектной аварии 1.1, падении контейнера (V=330л, m=700кг) с порошком ДОУ при перегрузке на пол помещения, удаление выделившихся веществ в атмосферу осуществляется с вытяжным общеобменным воздухом после очистки от радиоактивных веществ на аэрозольных фильтрах. Выброс осуществляется через трубу высотой 55 м и диаметром 3,6 м. Выброс

изотопов урана, составляющих основной вклад, равен: U-234 – 370,4 Бк; U-235 – 15,4 Бк; U-238 – 52,5 Бк [1, 12].

При проектной аварии 1.2, разгерметизации трубопровода с ГФУ до срабатывания автоматики или ручного отключения, происходит испарение ГФУ с его последующим выходом в воздух помещения участка получения порошка ДОУ. Удаление выделившихся веществ в атмосферу осуществляется с вытяжным общеобменным воздухом после очистки от радиоактивных веществ на аэрозольных фильтрах. Выброс осуществляется через трубу высотой 55 м и диаметром 3,6 м. Выброс изотопов урана происходящий при данной аварии, составляющих основной вклад, равен: U-234 – 17690 Бк; U-235 – 737 Бк; U-238 – 2506 Бк [1, 12].

Максимальной проектной аварией с выбросом в окружающую среду радиоактивных веществ будет авария 1.2, при которой происходит разгерметизация трубопровода с ГФУ. Результаты расчетов объемных активностей изотопов урана в приземном слое атмосферного воздуха в зависимости от расстояния приведены на рисунках 5.3 и 5.4 и в Приложении Б.

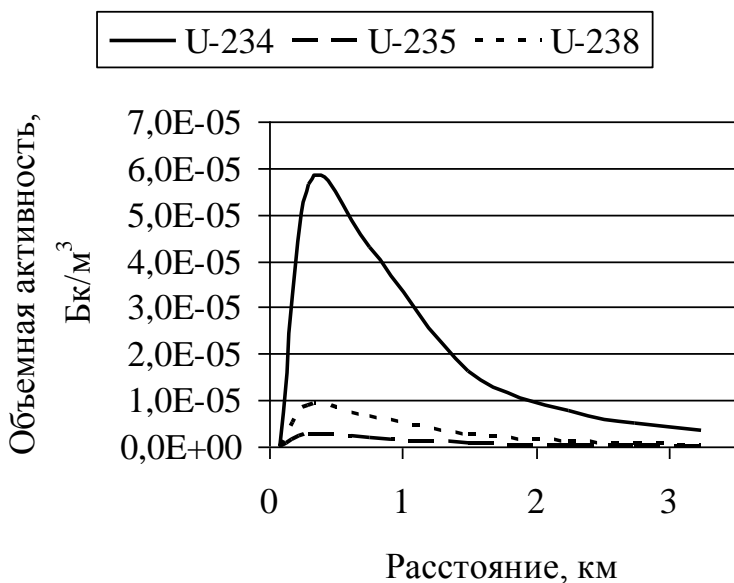


Рисунок 5.3 – Зависимости ожидаемых объемных активностей изотопов урана в приземном слое атмосферного воздуха в зависимости от расстояния при аварии 1.2

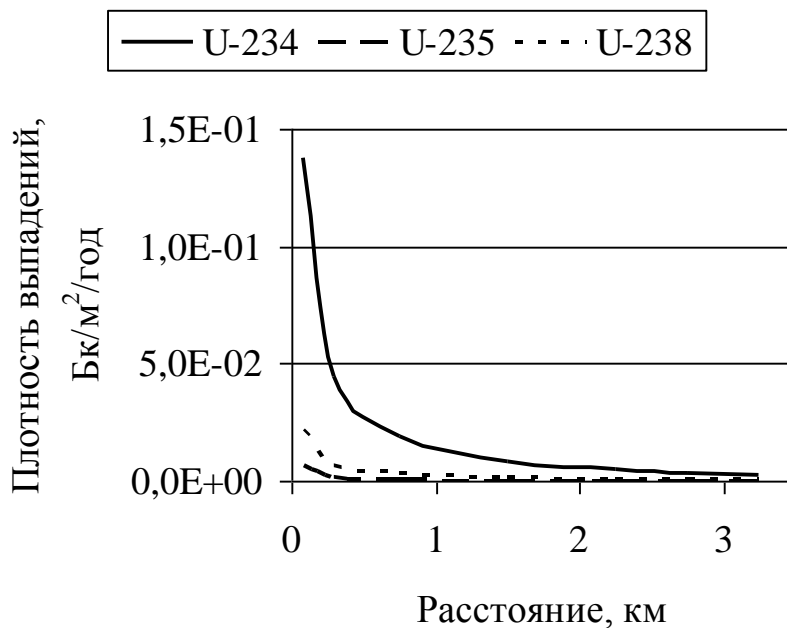


Рисунок 5.4 – Зависимости ожидаемой плотности выпадений в зависимости от расстояния при аварии 1.2

По результатам расчетов видно, что максимальные активности ожидаются на расстоянии 250 м, и к расстоянию 2 100 м, на котором расположены ближайшие здания, где проживает местное население, значительно спадают. Максимальные значения ожидаются для U-234 – до $5,7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что в 35 раз меньше допустимого уровня для категории В (население) согласно НРБУ-97 ($2 \cdot 10^{-3}$ Бк/м³ для U-234).

Максимальные активности выпадений ожидаются на расстоянии 150–200 м. На расстоянии 2 100 м, где проживает местное население, активность значительно спадает. Максимальные значения ожидаются для U-234 – до 0,14 Бк/м².

Результаты расчетов ожидаемых доз облучения населения [1] в зависимости от расстояния при данной аварии приведены на рисунке 5.5 и в Приложении Б.

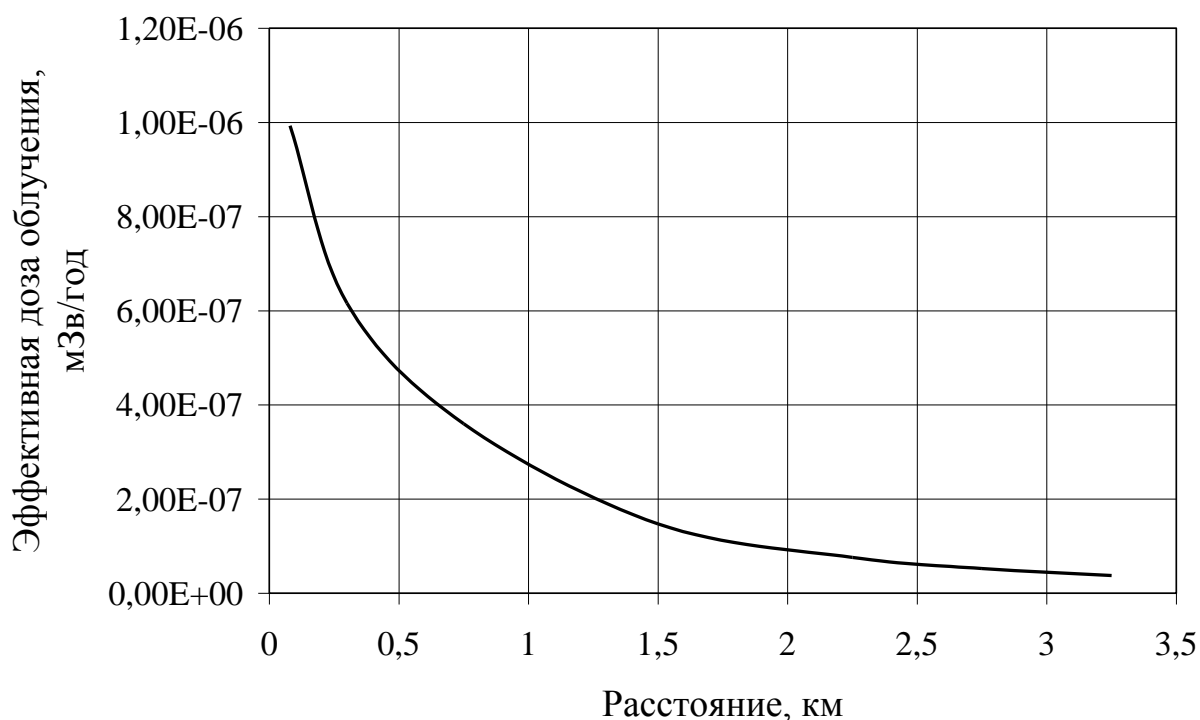


Рисунок 5.5 – Зависимость от расстояния ожидаемых эффективных доз облучения населения при аварии 1.2

Значения эффективных доз облучения населения при аварии 1.2 на границе СЗЗ (500 м) и границе ближайшей жилой застройки (2100 м) соответственно равны $5 \cdot 10^{-7}$ мЗв/год и $0,9 \cdot 10^{-7}$ мЗв/год, соответственно, что не превышает квоту предела дозы за счет всех путей формирования дозы от выбросов – 0,1 мЗв/год (100 мкЗв/год) согласно НРБУ-97.

При запроектной аварии 2.1, согласно исходным данным ОАО «ГСПИ», в результате неучтенных событий происходит спонтанная цепная реакция с числом делений 10^{18} .

Возможные выбросы радионуклидов в атмосферу во время аварии приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Выброс радиоактивных веществ в атмосферу
(запроектная авария 2.1)

Нуклид	Выброс в атмосферу, Бк
Криптон-87	$3,3 \cdot 10^{11}$
Криптон-88	$2,3 \cdot 10^{11}$
Криптон-89* (рубидий-89)	$3,0 \cdot 10^{12}$ ($6,12 \cdot 10^{11}$)
Ксенон-137* (цезий-137)	$1,3 \cdot 10^{13}$ ($3,13 \cdot 10^6$)
Ксенон-138	$3,7 \cdot 10^{12}$
Иод-131	$4,7 \cdot 10^8$
Иод-133	$1,0 \cdot 10^{10}$
Иод-135	$8,5 \cdot 10^{10}$
Сурьма-130	$4,0 \cdot 10^{11}$
Теллур-132	$1,5 \cdot 10^8$
Теллур-133m	$4,0 \cdot 10^{11}$
Теллур-134	$1,8 \cdot 10^{11}$
Стронций-90	$4,5 \cdot 10^5$
Стронций-91	$1,1 \cdot 10^{10}$
Стронций-92	$4,2 \cdot 10^{10}$
Цезий-137	$4,3 \cdot 10^5$
Барий-140	$4,0 \cdot 10^8$
Молибден-99	$5,4 \cdot 10^8$

* – Поскольку криптон-89 и ксенон-137 не являются биологически значимыми радионуклидами вследствие малых периодов полураспада, то их выброс учтен с помощью учета выброса соответствующих активностей их дочерних продуктов распада (рубидия-89 и цезия-137).

Согласно материалам ОАО «ГСПИ» – выход радионуклидов в воздух может происходить в течение 20 минут.

В расчетах принято, что радиоактивные продукты деления выбрасываются через систему вентиляции и трубу высотой 55 м и диаметром 3,6 м.

Согласно результатам расчета (Приложение Б) максимальные активности ожидаются на расстоянии 250 м, и к расстоянию 2100 м, на котором расположены ближайшие здания (начало селитебной территории), где проживает местное население, значительно спадают. Максимальные значения ожидаются для ИРГ, I-135 и Te-133m – до 700 Бк/м^3 .

Максимальные активности выпадений ожидаются на расстоянии 150–200 м. Максимальные значения ожидаются для Sb-130 и Te-133m – до $1,6 \cdot 10^6 \text{ Бк/м}^2$. На расстоянии 2100 м, где проживает местное население, активность значительно спадает.

Результаты расчетов ожидаемых доз облучения населения [1] в зависимости от расстояния при данной аварии приведены на рисунке 5.6 и в Приложении Б.

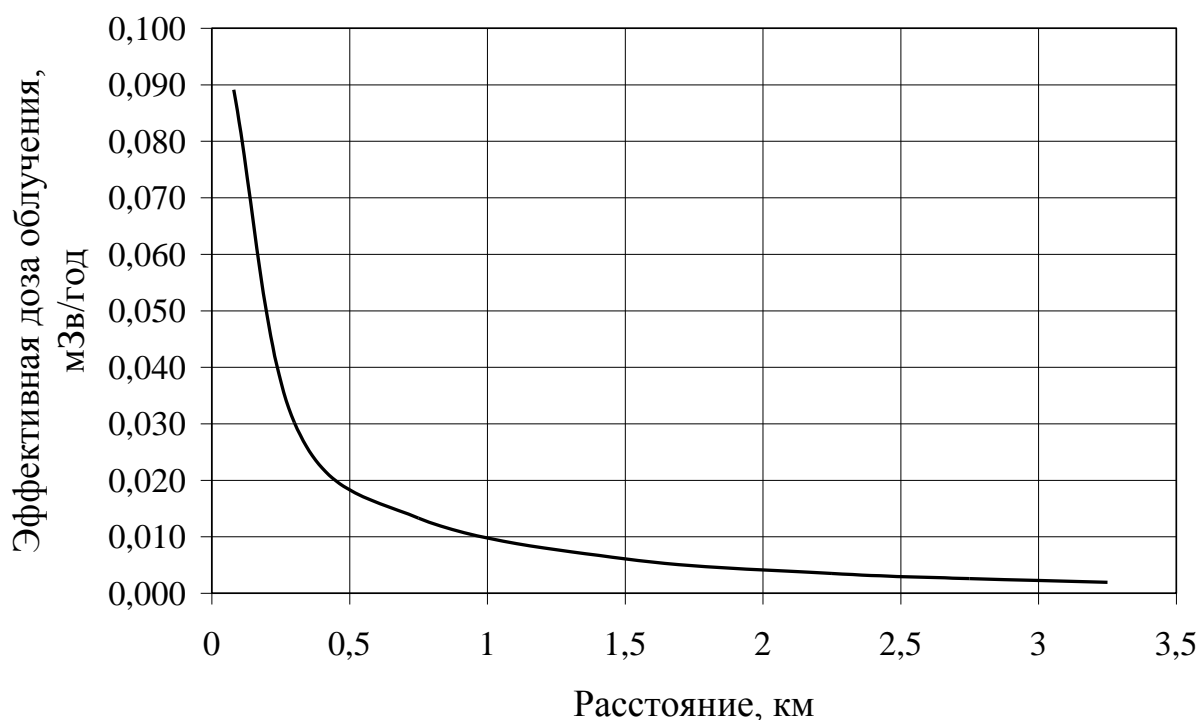


Рисунок 5.6 – Зависимость от расстояния ожидаемых эффективных доз облучения населения при запроектной аварии 2.1

Значения эффективных доз облучения населения при аварии 2.1 на границе СЗЗ (500 м) и границе ближайшей жилой застройки (2100 м) равны $2,3 \cdot 10^{-2}$ мЗв/год и $3,8 \cdot 10^{-3}$ мЗв/год, соответственно, что не превышает квоту предела дозы за счет всех путей формирования дозы от выбросов – 0,1 мЗв/год (100 мкЗв/год) согласно НРБУ-97.

5.3 Выводы

1. Химическое воздействие газо-аэрозольных выбросов завода по производству ядерного топлива в режиме нормальной эксплуатации и при авариях на сопредельные страны не превысит нормативных значений концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для населенных мест. На границе ближайшей жилой застройки (2,1 км) значение максимальной концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе значительно меньше предельно допустимых значений (до 20 раз - при нормальной эксплуатации завода и до 19 раз - при авариях).

2. Радиационное воздействие газо-аэрозольных выбросов завода по производству ядерного топлива при его нормальной эксплуатации значительно меньше установленных дозовых ограничений для населения в сопредельных странах (это ограничение варьирует для различных стран в основном в диапазоне 0,2-0,3 мЗв/год, WS-G-2.3). Уже на границе ближайшей жилой застройки (2,1 км) значение годовой индивидуальной эффективной дозы не превысит $3,5 \cdot 10^{-3}$ мЗв/год, а на расстоянии 50 км – не превысит $5,34 \cdot 10^{-5}$ мЗв/год.

3. Основным критерием ограничения облучения населения в Европе за счет техногенных источников является предел индивидуальной эффективной дозы (по всем путям облучения), который установлен на уровне 1 мЗв/год. Проведенная оценка показала, что ни при одной из рассмотренных аварий на границе ближайшей жилой застройки (2,1 км) предел индивидуальной годовой эффективной дозы для населения не будет превышен, и, следовательно, в сопредельных государствах он также не будет превышен, так как граница ближайшего государства (республика Молдова) находится на расстоянии 166 км.

4. При нормальных условиях эксплуатации завода по производству ядерного топлива, а также при возникновении аварий, воздействие на окружающую среду в трансграничном контексте, т.е. на территории сопредельных государств, не происходит, так как нормативные требования по загрязнению воздушной среды и дозовые ограничения для населения не превышаются уже на территории Украины, на границе ближайшей жилой застройки (2,1 км) они значительно ниже допустимых.

5. Значительное трансграничное воздействие планируемой деятельности отсутствует и, согласно конвенции "Об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте", отсутствует затрагиваемая сторона. Для обеспечения общественности информацией достаточно разместить материалы по оценке воздействия планируемой деятельности на окружающую среду в трансграничном контексте на общедоступных ресурсах в Интернете, например, на сайтах заинтересованных государственных органов: Минприроды и Минэнергоуголь.

6 Мероприятия по снижению вредного воздействия на окружающую среду

Для минимизации негативного воздействия на окружающую среду в период хозяйственной деятельности завода предусматриваются мероприятия, основные из которых приведены ниже.

Ресурсосберегающие мероприятия включают вопросы использования земельных, водных и топливно-энергетических ресурсов:

- размещение площадки на промышленных землях, в пределах земельного отвода Смолинской шахты;
- размещение площадки на достаточном удалении от селитебных зон, участков перспективной разработки полезных ископаемых, лесных массивов, поверхностных водных объектов, объектов природно-заповедного фонда, истории и культуры;
- переработка образуемых отходов и возврат выделенных ценных компонентов в технологические процессы;
- повторное использование регенерированной воды от установки переработки ЖРО;
- применение оборотной системы водопотребления.

К защитным мероприятиям, предусмотренным в проекте, принадлежат соответствующие архитектурно-строительные и планировочные решения, а также мероприятия по уменьшению радиационного и нерадиационного воздействий на окружающую среду.

В основу планировки производственных зданий и помещений положен главный гигиенический принцип - распределение их на зоны в зависимости от характера технологических процессов, характера и возможной степени загрязнения помещений радиоактивными веществами.

Одним из важнейших мероприятий, является обеспечение герметичности зданий, сооружений и оборудования, где происходит переработка или хранение радиоактивных веществ и сред.

Для уменьшения негативного воздействия на окружающую среду предусматривается ряд планировочных мероприятий:

- планировка территории, обеспечивающая быстрый сток атмосферных осадков;
- устройство водонепроницаемых отмосток вокруг зданий;
- устройство режимной сети наблюдательных скважин;
- организация санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения;
- организация физической защиты и охраны завода;
- очистка дождевых стоков на очистных сооружениях;
- озеленение свободной от застройки территории.

К общим технологическим защитным мероприятиям, которые обеспечивают минимизацию негативного воздействия от деятельности завода на окружающую среду и человека относятся:

- соблюдение технологических параметров работы технологических комплексов;

- электроснабжение производства по I категории надежности;
- обучение персонала безопасным приемам труда и действиям при аварийных ситуациях;
- очистка отходящих газо-воздушных смесей перед выбросом в атмосферу;
- использование систем обнаружения утечек жидких и газообразных веществ (UF_6 , NF_3 , H_2), которые могут привести к поступлению радиоактивных и токсичных веществ в рабочие помещения и окружающую среду;
- установка емкостей с жидкими средами в поддонах, предотвращающих их разлив;
- организация сбора, переработки и утилизации производственных отходов;
- наличием системы локализации технологических аварий.

Технические мероприятия:

- применение герметичного технологического оборудования;
- применение автоматизированного технологического оборудования с дистанционным управлением;
- применение герметичных сертифицированных контейнеров для хранения исходных продуктов, готовой продукции и межоперационных транспортных операций;
- оснащение технологического оборудования вентиляционными отсосами с системой очистки газов перед выбросом их в атмосферу;
- многоступенчатая очистка газов перед выбросом в атмосферу;
- выделение участков, на которых обращаются радиоактивные вещества, в отдельные помещения, отделенные стенами от других участков;
- дезактивация поверхностей оборудования и помещений;
- устройство на входах в помещения с технологическим оборудованием саншлюзов;
- организация санпропускника в административно-бытовом корпусе с пунктом радиационного контроля;
- организация автоматизированной системы радиационного контроля;
- автоматизированная система контроля радиационной обстановки в СЗЗ и ЗН;
- контроль за выбросами радионуклидов в атмосферу и жидкими сбросами.
- совокупность мер, обеспечивающих ядерную безопасность при эксплуатации завода и исключаящих возможность возникновения самоподдерживающейся цепной реакции;
- организация системы аварийной сигнализации при ядерной аварии (возникновении самоподдерживающейся цепной реакции);
- автоматизированный контроль параметров ядерной безопасности в технологических аппаратах, в том числе, количества ядерных материалов

(ЯМ), концентрации ЯМ в растворах, накопление ЯМ в аппаратах и коммуникациях.

К предусмотренным в проекте охранным мероприятиям относятся:

- функционирование системы контроля радиационной обстановки на площадке завода, в СЗЗ и ЗН;
- функционирование системы мониторинга за состоянием атмосферного воздуха, поверхностными и подземными водами, геологическими процессами и состоянием почвы, растительности, продуктов питания;
- функционирование систем контроля и управления на заводе;
- функционирование системы противопожарной защиты;
- функционирование системы оповещения.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АБК	Административно-бытовой корпус
АЭС	Атомная электростанция
ВВЭР-1000	Водо-водяной энергетический реактор
ГФУ	Гексафторид урана
ДОУ	Диоксид урана
ДЭС	Дизельная электростанция
ЗН	Зона наблюдения
ЗПЯТ	Завод по производству ядерного топлива
МАГАТЭ	Международное агентство по атомной энергии
МКРЗ	Международная комиссия по радиологической защите
НМЛОС	Неметановые легкие органические соединения
ОАО «ГСПИ»	Открытое Акционерное Общество «Государственный специализированный проектный институт»
ПДК _{м.р.}	Предельно допустимая концентрация максимально-разовая для атмосферы селитебной территории
РТ	Радиационные технологии
СЗЗ	Санитарно-защитная зона
ТВС	Тепловыделяющая сборка
ТВЭЛ	Тепловыделяющий элемент

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕРМИНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ

Авария радиационная	Любое событие на любом объекте с радиационной или радиационно-ядерной технологией, при которой происходит потеря контроля над источником и возможно облучение людей, связанное с потерей контроля над источником
Газо-аэрозольный выброс	Поступление в атмосферу радиоактивных веществ из технологических контуров и систем вентиляции предприятия
Зона санитарно-защитная (СЗЗ)	Территория вокруг радиационно-ядерного объекта, где уровень облучения населения в условиях нормальной эксплуатации может превышать предел дозы. В СЗЗ запрещается проживание людей, устанавливаются ограничения на производственную деятельность, которая не имеет отношения к радиационно-ядерному объекту и проводится радиационный контроль
Зона наблюдения (ЗН)	Территория, на которой возможно воздействие радиационных сбросов и выбросов радиационно-ядерного объекта в случае технических инцидентов и аномалий, где производится мониторинг технологических процессов с целью обеспечения радиационной безопасности радиационно-ядерного объекта
Категория В	Все население
Квота предела дозы	Доля предела дозы для категории В, выделенная для режима нормальной эксплуатации отдельного промышленного источника (в данном документе используется квота для завода с радиотехнологиями (завод РТ) – 100 мкЗв за счет всех путей формирования дозы от выбросов)
Критическая группа	Часть населения, которая по своим поло-возрастным, социально-профессиональным условиям и местом проживания или по другим признакам получает или может получать наибольшую дозу облучения от данного источника

Предел дозы	Основной радиационно-гигиенический норматив, целью которого является ограничение облучения лиц категории А, Б и В от всех промышленных источников ионизирующего излучения в ситуациях практической деятельности.
Радиационно-ядерный объект	Любые вещества, устройства и сооружения, которые содержат или могут содержать ядерные материалы или источники ионизирующих излучений (энергетические, промышленные, исследовательские, экспериментальные реакторы, устройства, установки, стенды, оборудование, приборы, склады, транспортные средства, а также электростанции, производства, технологические комплексы, которые используют такие технические средства, в том числе и связанные с разработкой, производством, исследованием, испытаниями, переработкой, транспортировкой, сохранением ядерных взрывных устройств).
Стороны	Договорные Стороны Конвенции об оценке влияния на окружающую среду в трансграничном контексте
Трансграничное воздействие	Любое воздействие, не только глобального характера, в районе, который находится под юрисдикцией той или другой Стороны, вызванный запланированной деятельностью, физический источник, которой расположен полностью или частично в пределах района, который подпадает под юрисдикцию другой Стороны

ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение документа, на который дана ссылка	Номер раздела, подраздела, пункта, подпункта, перечисления, приложения, разрабатываемого документа, в котором дана ссылка
1	2
<p>ДБН А.2.2-1-2003</p> <p>"Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд". Госстрой Украины, 2004 г.</p>	Введение
<p>Конвенція</p> <p>«Про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті». Конвенцію ратифіковано Законом України N 534-XIV от 19.03.99.</p>	Введение Выводы
<p>Конвенція</p> <p>«Про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля» (Орхуська Конвенція)</p> <p>Конвенцію ратифіковано Законом України N 832-XIV від 06.07.1999 . З поправками від 27.05.2005.</p>	Выводы
<p>ОСПОРБУ</p> <p>Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. Затв. МОЗ України наказ № 54 від 02.02.2005. К: МОЗ України, 2000. – 115 с.</p>	Раздел 1
<p>НРБУ-97</p> <p>Норми радіаційної безпеки України Серія «Безпека України». К: МОЗ України, 1997. – 127 с.</p>	Раздел 5

1	2
<p>ОНД-86</p> <p>Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Л., Гидрометеиздат, 1987 г.</p>	<p>Раздел 4,5</p>
<p>СП 534-65</p> <p>Санитарные правила проектирования, оборудования и содержания складов для хранения сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ).</p> <p>Утверждены заместителем Главного санитарного врача Союза ССР П.Л ЯРСКИМ 24 июня 1965 г. № 534-65</p>	<p>Раздел 1</p>
<p>Публикация МКРЗ №72</p> <p>ICRP72 International Commission on Radiological Protection, "Age Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides, Part 5. Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients" ICRP Publication 72, Pergamon Press, Oxford, 1996</p>	<p>Раздел 4</p>
<p>No.WS-G-2.3</p> <p>SAFETY STANDARDS SERIES</p> <p>REGULATORY CONTROL OF RADIOACTIVE DISCHARGES TO THE ENVIRONMENT. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY VIENNA, 2000.</p>	<p>Раздел 5</p>

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

Изм	Колуч	Лист	№ док	Подпись	Дата

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Характеристика основных элементов климата



УКРАЇНА

Кіровоградська обласна державна адміністрація

УПРАВЛІННЯ З ПИТАНЬ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТА У СПРАВАХ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ВІД НАСЛІДКІВ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ

25006, м. Кіровоград-06, вул. Декабристів, 8/22, e-mail: uns@shtorm.com, тел. (0522) 24-52-86, fax. 24-52-56, 24-52-59

“12” травня 2011 р. № 19/07-дл.517/1

Першому заступнику голови обласної
державної адміністрації
НІКОЛАЄНКУ А.І.

Про характеристики основних
елементів клімату смт Смоліне

На виконання Вашого доручення, а також відповідно до Меморандуму порозуміння між Кіровоградською обласною державною адміністрацією, Кіровоградською обласною радою та Державним концерном "Ядерне паливо" щодо розвитку уранового виробництва в Кіровоградській області як невід'ємної складової ядерно-паливного циклу України, надаємо кліматичну характеристику Кіровоградської області з виділенням Маловисківського району, зокрема смт Смоліне, відповідно інформації Кіровоградського обласного центру з гідрометеорології від 12 травня 2011 року № 537 про характеристики основних елементів клімату за даними спостережень метеостанції Новомиргород, найближчої до смт Смоліне Маловисківського району, яка є репрезентативною для даної території:

Дані по м. Новомиргород

Місяці:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Середньомісячна температура повітря, °C:	-6.0	-4.5	0.3	8.7	15.1	18.2	19.6	18.9	14.2	7.9	2.1	-2.5
2. Сума опадів за місяць в мм:	35	35	33	38	45	80	79	55	40	30	41	47
3. Середня температура повітря за рік, °C	- +7.7.											
4. Сума опадів за рік в мм	- 558.											
5. Середня максимальна температура повітря найтеплішого місяця липня, °C	- +25.4.											
6. Середня мінімальна температура повітря найхолоднішого місяця січня, °C	- -8.9.											

7. Повторюваність (%) напрямку вітру (роза вітрів) та штилю на рік:

Направлення вітру (румби):	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
Повторюваність в %:	18.2	15.1	11.3	12.5	12.6	11.2	9.3	9.8	20.5

8. Коефіцієнт стратифікації - $A = 200$.

9. Коефіцієнт, який враховує вплив рельєфу місцевості - 1.

Вірогідність швидкості вітру по градаціях (в % від загальної кількості випадків)

місяць	Швидкість в м/с, %												
	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10 - 11	12 - 13	14 - 15	16 - 17	18 - 20	21 - 24	25 - 28	29 - 34
січень	31,7	21,3	18,6	12,9	9,0	4,1	0,9	0,8	0,4	0,2		0,1	
лютий	28,0	21,0	18,9	15,5	8,3	5,6	1,6	0,7	0,4	0,05			
березень	29,0	20,8	19,1	13,4	10,0	4,2	1,6	0,8	0,7	0,4			
квітень	31,4	23,0	21,3	12,3	6,5	3,2	1,1	0,7	0,5				
травень	31,5	23,8	21,0	10,9	8,0	3,5	0,6	0,4	0,3				
червень	39,8	25,1	19,2	10,2	3,8	1,4	0,3	0,1	0,1	0,05			
липень	44,1	25,9	17,3	7,9	3,1	1,3	0,2	0,03	0,1	0,03			
серпень	42,8	24,7	18,2	8,7	3,3	1,4	0,4	0,4	0,1	0,03			
вересень	43,4	24,7	17,9	8,3	4,1	1,0	0,3	0,2	0,1				
жовтень	39,5	23,1	19,5	9,8	5,0	2,0	0,3	0,5	0,2	0,1			
листопад	29,5	23,7	21,2	13,8	7,5	2,9	0,5	0,5	0,4				
грудень	30,1	22,1	20,1	13,8	8,7	3,4	1,1	0,5	0,2	0,05			
за рік	35,1	23,3	19,3	11,4	6,5	2,8	0,7	0,5	0,3	0,1		0,01	

Начальник управління



Г.ДЕМОРАЦЬКИЙ

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Расчеты по радиационному воздействию

Таблица Б.1 – Результаты расчетов максимальных ожидаемых доз облучения населения после радиационных аварий

Расстояние, км	Эффективная доза, Зв/год
Радиационная авария 1.1 (проектная) – Падение контейнера с порошком диоксида урана	
0,08	2,08E-11
0,3	1,29E-11
0,75	7,54E-12
1,5	3,07E-12
2,25	1,59E-12
2,75	1,10E-12
3,25	7,88E-13
Радиационная авария 1.2 (проектная) – Разгерметизация трубопровода с ГФУ при испарении	
0,08	9,93E-10
0,3	6,16E-10
0,75	3,60E-10
1,5	1,47E-10
2,25	7,59E-11
2,75	5,25E-11
3,25	3,76E-11
Радиационная авария 2.1 (запроектная) – Самоподдерживающаяся цепная реакция	
0,08	8,91E-05
0,3	3,02E-05
0,75	1,33E-05
1,5	6,09E-06
2,25	3,51E-06
2,75	2,57E-06
3,25	1,94E-06

Таблица Б.2 – Результаты расчетов максимальной объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе и максимальных выпадений на поверхность земли после радиационных аварий 1.1 и 1.2

Расстояние, км	Объемная активность радионуклидов в атмосферном воздухе, Бк/м ³			Выпадения на поверхность земли, Бк/м ² /год		
	²³⁴ U	²³⁵ U	²³⁸ U	²³⁴ U	²³⁵ U	²³⁸ U
Радиационная авария 1.1 (проектная) – Падение контейнера с порошком диоксида урана						
0,08	4,83E-10	2,23E-11	7,56E-11	2,88E-03	1,33E-04	4,50E-04
0,3	1,19E-06	5,47E-08	1,85E-07	9,24E-04	4,26E-05	1,44E-04
0,75	8,97E-07	4,14E-08	1,40E-07	3,92E-04	1,81E-05	6,11E-05
1,5	3,39E-07	1,56E-08	5,28E-08	1,80E-04	8,32E-06	2,81E-05
2,25	1,58E-07	7,31E-09	2,47E-08	1,05E-04	4,82E-06	1,63E-05
2,75	1,03E-07	4,78E-09	1,61E-08	7,68E-05	3,54E-06	1,20E-05
3,25	7,06E-08	3,25E-09	1,10E-08	5,80E-05	2,68E-06	9,05E-06
Радиационная авария 1.2 (проектная) – Разгерметизация трубопровода с ГФУ при испарении						
0,08	2,31E-08	1,07E-09	3,61E-09	1,38E-01	6,35E-03	2,15E-02
0,3	5,66E-05	2,61E-06	8,82E-06	4,41E-02	2,03E-03	6,88E-03
0,75	4,28E-05	1,98E-06	6,69E-06	1,87E-02	8,64E-04	2,92E-03
1,5	1,62E-05	7,44E-07	2,52E-06	8,60E-03	3,97E-04	1,34E-03
2,25	7,56E-06	3,49E-07	1,18E-06	5,01E-03	2,30E-04	7,78E-04
2,75	4,93E-06	2,28E-07	7,71E-07	3,67E-03	1,69E-04	5,73E-04
3,25	3,37E-06	1,55E-07	5,25E-07	2,77E-03	1,28E-04	4,32E-04

Таблица Б.3 – Результаты расчетов максимальной объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе после радиационной аварии 2.1

Расстояние, км	Объемная активность радионуклидов в атмосферном воздухе, Бк/м ³					
	⁸⁷ Kr	⁸⁸ Kr	¹³⁸ Xe	¹³¹ I	¹³³ I	¹³⁵ I
1	2	3	4	5	6	7
Радиационная авария 2.1 (запроектная) – Самоподдерживающаяся цепная реакция						
0,08	2,81E-01	2,65E-01	2,83E-01	6,83E-04	2,75E-02	1,11E-01
0,3	7,28E+02	6,89E+02	7,03E+02	1,72E+00	6,97E+01	2,81E+02
0,75	6,17E+02	5,92E+02	5,47E+02	1,38E+00	5,64E+01	2,24E+02
1,5	2,81E+02	2,74E+02	2,17E+02	5,67E-01	2,36E+01	9,17E+01
2,25	1,59E+02	1,58E+02	1,07E+02	2,92E-01	1,23E+01	4,69E+01
2,75	1,18E+02	1,19E+02	7,22E+01	2,04E-01	8,61E+00	3,25E+01
3,25	9,14E+01	9,28E+01	5,08E+01	1,48E-01	6,31E+00	2,36E+01

Продолжение таблицы Б.3

Расстояние, км	Объемная активность радионуклидов в атмосферном воздухе, Бк/м ³					
	⁸⁹ Rb	¹³⁰ Sb	¹³² Te	^{133m} Te	¹³⁴ Te	¹⁴⁰ Ba
1	8	9	10	11	12	13
Радиационная авария 2.1 (запроектная) – Самоподдерживающаяся цепная реакция						
0,08	5,61E-02	2,02E-01	2,14E-04	2,70E-01	9,28E-02	5,75E-04
0,3	1,31E+02	4,86E+02	5,25E+01	6,53E+02	2,23E+02	1,41E+00
0,75	9,03E+01	3,56E+02	3,97E-01	4,81E+02	1,63E+02	1,07E+00
1,5	2,89E+01	1,26E+02	1,49E-01	1,73E+02	5,78E+01	4,01E-01
2,25	1,16E+01	5,56E+01	7,00E-02	7,78E+01	2,56E+01	1,88E-01
2,75	6,81E+00	3,47E+01	4,56E-02	4,94E+01	1,61E+01	1,23E-01
3,25	4,17E+00	2,28E+01	3,11E-02	3,28E+01	1,05E+01	8,36E-02

Продолжение таблицы Б.3

Расстояние, км	Объемная активность радионуклидов в атмосферном воздухе, Бк/м ³				
	⁹⁰ Sr	⁹¹ Sr	⁹² Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁹ Mo
1	14	15	16	17	18
Радиационная авария 2.1 (запроектная) – Самоподдерживающаяся цепная реакция					
0,08	6,47E-07	1,47E-02	4,67E-02	5,14E-06	7,69E-04
0,3	1,59E-03	3,61E+01	1,14E+02	1,26E-02	1,88E+00
0,75	1,20E-03	2,72E+01	8,56E+01	9,50E-03	1,43E+00
1,5	4,53E-04	1,02E+01	3,17E+01	3,58E-03	5,36E-01
2,25	2,12E-04	4,75E+00	1,47E+01	1,68E-03	2,51E-01
2,75	1,39E-04	3,11E+00	9,47E+00	1,10E-03	1,64E-01
3,25	9,44E-05	2,11E+00	6,39E+00	7,47E-04	1,12E-01

Таблица Б.4 – Результаты расчетов максимальной выпадений на поверхность земли после радиационной аварии 2.1

Расстояние, км	Выпадения на поверхность земли, Бк/м ² /год					
	¹³¹ I	¹³³ I	¹³⁵ I	⁸⁹ Rb	¹³⁰ Sb	¹⁴⁰ Ba
1	2	3	4	5	6	7
Радиационная авария 2.1 (запроектная) – Самоподдерживающаяся цепная реакция						
0,08	2,11E+03	8,53E+04	3,45E+05	3,34E+05	1,20E+06	3,42E+03
0,3	7,56E+02	3,07E+04	1,23E+05	1,02E+05	3,79E+05	1,10E+03
0,75	3,59E+02	1,47E+04	5,82E+04	3,94E+04	1,55E+05	4,65E+02
1,5	1,76E+02	7,32E+03	2,85E+04	1,55E+04	6,72E+04	2,14E+02
2,25	1,10E+02	4,61E+03	1,76E+04	7,64E+03	3,66E+04	1,24E+02
2,75	8,50E+01	3,60E+03	1,36E+04	5,05E+03	2,59E+04	9,12E+01
3,25	6,79E+01	2,89E+03	1,08E+04	3,43E+03	1,88E+04	6,89E+01

Продолжение таблицы Б.4

Расстояние, км	Выпадения на поверхность земли, Бк/м ² /год					
	¹³² Te	^{133m} Te	¹³⁴ Te	⁹⁰ Sr	⁹¹ Sr	⁹² Sr
1	8	9	10	11	12	13
Радиационная авария 2.1 (запроектная) – Самоподдерживающаяся цепная реакция						
0,08	1,28E+03	1,61E+06	5,53E+05	3,86E+00	8,77E+04	2,79E+05
0,3	4,09E+02	5,09E+05	1,74E+05	1,24E+00	2,81E+04	8,89E+04
0,75	1,73E+02	2,10E+05	7,12E+04	5,25E-01	1,19E+04	3,73E+04
1,5	7,97E+01	9,26E+04	3,09E+04	2,42E-01	5,44E+03	1,69E+04
2,25	4,62E+01	5,13E+04	1,69E+04	1,40E-01	3,14E+03	9,67E+03
2,75	3,39E+01	3,67E+04	1,19E+04	1,03E-01	2,30E+03	7,04E+03
3,25	2,56E+01	2,69E+04	8,65E+03	7,77E-02	1,73E+03	5,26E+03

Продолжение таблицы Б.4

Расстояние, км	Выпадения на поверхность земли, Бк/м ² /год	
	¹³⁷ Cs	⁹⁹ Mo
1	14	15
Радиационная авария 2.1 (запроектная) – Самоподдерживающаяся цепная реакция		
0,08	3,05E+01	4,58E+03
0,3	9,79E+00	1,47E+03
0,75	4,15E+00	6,22E+02
1,5	1,91E+00	2,87E+02
2,25	1,11E+00	1,66E+02
2,75	8,14E-01	1,22E+02
3,25	6,15E-01	9,20E+01

Таблица Б.5 – Результаты расчетов ожидаемой мощности дозы облучения населения при работе в режиме нормальной эксплуатации (при полном развитии предприятия), мкЗв/год

Направление	Расстояние, км						
	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1
1	2	3	4	5	6	7	8
С	4,03E+01	2,03E+01	1,30E+01	1,11E+01	9,74E+00	8,42E+00	4,59E+00
ССЗ	4,02E+01	2,02E+01	1,29E+01	1,11E+01	9,70E+00	8,38E+00	4,57E+00
СЗ	4,00E+01	2,01E+01	1,29E+01	1,10E+01	9,66E+00	8,35E+00	4,55E+00
ЗСЗ	3,81E+01	1,92E+01	1,23E+01	1,05E+01	9,20E+00	7,95E+00	4,33E+00
З	3,62E+01	1,82E+01	1,17E+01	9,97E+00	8,73E+00	7,55E+00	4,11E+00
ЗЮЗ	4,22E+01	2,13E+01	1,36E+01	1,16E+01	1,02E+01	8,82E+00	4,80E+00
ЮЗ	4,83E+01	2,43E+01	1,56E+01	1,33E+01	1,17E+01	1,01E+01	5,50E+00
ЮЮЗ	5,33E+01	2,68E+01	1,72E+01	1,47E+01	1,29E+01	1,11E+01	6,06E+00
Ю	5,82E+01	2,93E+01	1,88E+01	1,61E+01	1,41E+01	1,22E+01	6,62E+00
ЮЮВ	4,48E+01	2,25E+01	1,44E+01	1,24E+01	1,08E+01	9,35E+00	5,10E+00
ЮВ	3,14E+01	1,58E+01	1,01E+01	8,65E+00	7,58E+00	6,55E+00	3,57E+00
ВЮВ	3,06E+01	1,54E+01	9,85E+00	8,43E+00	7,38E+00	6,38E+00	3,48E+00
В	2,98E+01	1,50E+01	9,59E+00	8,21E+00	7,19E+00	6,21E+00	3,39E+00
ВСВ	3,28E+01	1,65E+01	1,06E+01	9,05E+00	7,92E+00	6,85E+00	3,73E+00
СВ	3,58E+01	1,80E+01	1,15E+01	9,88E+00	8,66E+00	7,48E+00	4,08E+00
ССВ	3,81E+01	1,92E+01	1,23E+01	1,05E+01	9,20E+00	7,95E+00	4,33E+00

Продолжение таблицы Б.5

Направление	Расстояние, км						
	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5
1	9	10	11	12	13	14	15
С	3,22E+00	2,46E+00	1,97E+00	1,67E+00	1,44E+00	1,25E+00	1,00E+00
ССЗ	3,21E+00	2,45E+00	1,96E+00	1,66E+00	1,44E+00	1,25E+00	9,98E-01
СЗ	3,19E+00	2,44E+00	1,96E+00	1,66E+00	1,43E+00	1,24E+00	9,94E-01
ЗСЗ	3,04E+00	2,33E+00	1,86E+00	1,58E+00	1,36E+00	1,18E+00	9,46E-01
З	2,89E+00	2,21E+00	1,77E+00	1,50E+00	1,29E+00	1,12E+00	8,98E-01
ЗЮЗ	3,37E+00	2,58E+00	2,07E+00	1,75E+00	1,51E+00	1,31E+00	1,05E+00
ЮЗ	3,86E+00	2,95E+00	2,36E+00	2,00E+00	1,73E+00	1,50E+00	1,20E+00
ЮЮЗ	4,25E+00	3,26E+00	2,61E+00	2,21E+00	1,90E+00	1,65E+00	1,32E+00
Ю	4,65E+00	3,56E+00	2,85E+00	2,41E+00	2,08E+00	1,81E+00	1,45E+00
ЮЮВ	3,58E+00	2,74E+00	2,19E+00	1,86E+00	1,60E+00	1,39E+00	1,11E+00
ЮВ	2,50E+00	1,92E+00	1,53E+00	1,30E+00	1,12E+00	9,73E-01	7,79E-01
ВЮВ	2,44E+00	1,87E+00	1,49E+00	1,27E+00	1,09E+00	9,48E-01	7,59E-01
В	2,38E+00	1,82E+00	1,46E+00	1,23E+00	1,06E+00	9,23E-01	7,39E-01
ВСВ	2,62E+00	2,00E+00	1,60E+00	1,36E+00	1,17E+00	1,02E+00	8,15E-01
СВ	2,86E+00	2,19E+00	1,75E+00	1,48E+00	1,28E+00	1,11E+00	8,90E-01
ССВ	3,04E+00	2,33E+00	1,86E+00	1,58E+00	1,36E+00	1,18E+00	9,46E-01

Продолжение таблицы Б.5

Направление	Расстояние, км					
	7,5	10	20	30	40	50
1	16	17	18	19	20	21
С	6,53E-01	4,67E-01	1,76E-01	9,36E-02	5,61E-02	3,70E-02
ССЗ	6,50E-01	4,66E-01	1,76E-01	9,32E-02	5,59E-02	3,68E-02
СЗ	6,48E-01	4,64E-01	1,75E-01	9,28E-02	5,57E-02	3,67E-02
ЗСЗ	6,16E-01	4,41E-01	1,67E-01	8,84E-02	5,30E-02	3,49E-02
З	5,85E-01	4,19E-01	1,58E-01	8,39E-02	5,03E-02	3,32E-02
ЗЮЗ	6,84E-01	4,90E-01	1,85E-01	9,80E-02	5,88E-02	3,87E-02
ЮЗ	7,82E-01	5,60E-01	2,11E-01	1,12E-01	6,73E-02	4,43E-02
ЮЮЗ	8,62E-01	6,18E-01	2,33E-01	1,24E-01	7,42E-02	4,89E-02
Ю	9,43E-01	6,75E-01	2,55E-01	1,35E-01	8,11E-02	5,34E-02
ЮЮВ	7,25E-01	5,19E-01	1,96E-01	1,04E-01	6,24E-02	4,11E-02
ЮВ	5,08E-01	3,64E-01	1,37E-01	7,28E-02	4,37E-02	2,88E-02
ВЮВ	4,95E-01	3,54E-01	1,34E-01	7,09E-02	4,25E-02	2,80E-02
В	4,82E-01	3,45E-01	1,30E-01	6,91E-02	4,14E-02	2,73E-02
ВСВ	5,31E-01	3,80E-01	1,44E-01	7,61E-02	4,57E-02	3,01E-02
СВ	5,80E-01	4,16E-01	1,57E-01	8,32E-02	4,99E-02	3,29E-02
ССВ	6,16E-01	4,41E-01	1,67E-01	8,84E-02	5,30E-02	3,49E-02

Таблица Б.6– Результаты расчетов максимальной среднегодовой объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе и максимальных выпадений на поверхность земли при работе в режиме нормальной эксплуатации (при полном развитии предприятия)

Расстояние, км	Объемная активность радионуклидов в атмосферном воздухе, Бк/м ³			Выпадения на поверхность земли, Бк/м ² /год		
	²³⁴ U	²³⁵ U	²³⁸ U	²³⁴ U	²³⁵ U	²³⁸ U
0,05	2,36E-09	1,11E-10	3,82E-10	1,43E-02	6,47E-04	2,19E-03
0,10	9,04E-07	4,17E-08	1,39E-07	7,02E-03	3,29E-04	1,10E-03
0,20	1,46E-05	6,60E-07	2,29E-06	3,62E-03	1,65E-04	5,59E-04
0,30	2,22E-05	1,04E-06	3,48E-06	2,41E-03	1,10E-04	3,84E-04
0,40	2,22E-05	1,04E-06	3,48E-06	1,86E-03	8,66E-05	2,96E-04
0,50	2,02E-05	9,38E-07	3,13E-06	1,54E-03	6,91E-05	2,30E-04
1,00	1,15E-05	5,21E-07	1,77E-06	7,46E-04	3,40E-05	1,21E-04
1,50	8,69E-06	3,82E-07	1,32E-06	4,94E-04	2,30E-05	7,68E-05
2,00	6,60E-06	3,13E-07	1,04E-06	3,62E-04	1,65E-05	5,70E-05
2,50	5,56E-06	2,50E-07	8,34E-07	2,85E-04	1,32E-05	4,50E-05
3,00	4,52E-06	2,15E-07	7,30E-07	2,41E-04	1,10E-05	3,73E-05
3,50	4,17E-06	1,88E-07	6,26E-07	1,97E-04	9,32E-06	3,18E-05
4,00	3,48E-06	1,63E-07	5,56E-07	1,75E-04	8,01E-06	2,74E-05
5,00	2,85E-06	1,32E-07	4,52E-07	1,32E-04	6,25E-06	2,08E-05
7,50	1,88E-06	8,69E-08	2,92E-07	8,34E-05	3,84E-06	1,32E-05
10,00	1,36E-06	6,26E-08	2,09E-07	5,70E-05	2,63E-06	8,99E-06
20,00	5,21E-07	2,40E-08	7,99E-08	2,08E-05	9,76E-07	3,29E-06
30,00	2,71E-07	1,25E-08	4,17E-08	1,10E-05	5,05E-07	1,75E-06
40,00	1,67E-07	7,65E-09	2,61E-08	6,58E-06	3,07E-07	1,03E-06
50,00	1,11E-07	5,21E-09	1,70E-08	4,39E-06	1,97E-07	6,80E-07

ПРИЛОЖЕНИЕ В

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проект. Завод по производству ядерного топлива. Том 9. Санитарно-защитная зона и зона наблюдения ОПЯТ-00-000-000-00-СЗЗ. 2013 г.
2. Государственная целевая экономическая программа "Ядерне паливо України" утвержденная постановлением КМУ №1004 от 23.09.2009 г.
3. Технично-економичеcкое обоснование строительства завода по производству ядерного топлива. Критерии и требования к площадке для размещения производственного комплекса". ДП "УкрНИПИИ-промтехнологии", 2011 г.
4. Екологічний паспорт Кіровоградської області за 2012 рік.
5. Материалы мониторинговых наблюдений ГП «ВостГОК» Смолинской шахты
6. Предельно допустимые концентрации и ориентировочно-безопасные уровни воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Донецк. 2000 г.
7. Reid Rosnick. CAP88-PC Version 3.0 User Guide. Trinity Engineering Associates, Inc. 8832 Falmouth Dr. Cincinnati, OH 45231-5011. December 09, 2007.-210pp.
8. EPA99 EPA 402-R-99-001 Federal Guidance Report 13, "Cancer Risk Coefficients for Environmental Exposure to Radionuclides", USEPA Office of Radiation and Indoor Air, Washington, DC, 1999
9. J. A. Jones, P. A. Mansfield, S. M. Haywood et al. PC COSYMA (Version 2): An accident consequence assessment package for use on a PC. – Luxemborg: Office for Official Publications of the European Communities, 1996. – 59 pp.
10. Рекомендации по установлению предельно допустимого и контрольного уровня выбросов углерода-14 (для Запорожской АЭС)/ Институт биофизики. – М., 1992.
11. Проект. Завод по производству ядерного топлива. Том 8. Оценка воздействий на окружающую среду. ОПЯТ-00-000-000-00-ОВОС. 2013 г.
12. Данные ОАО «ГСПИ» по производственному зданию, указанные в задании на разработку части «Охрана окружающей природной среды» (исх. № 049/М013/680 от 24.05.2013 с уточнениями от 31.05.2013, вх. № 729 от 27.05.2013)
13. Гусев Н.Г., Беляев В.А. Радиоактивные выбросы в биосфере: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.