



ООО «Научно–производственный центр «ЭКОПРОМСЕРТИФИКА»

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «НПЦ «ЭКОПРОМСЕРТИФИКА»



В. М. Шереметьев

« _____ 2023 года

Проект технической документации проведения лётных испытаний комплекса «128» на космодроме «Плесецк»

Материалы оценки безопасности трассы пуска и районов падения отделяющихся частей изделия при проведении лётных испытаний изделия

Книга 4

2023

Список сокращений

АВД	-	Аварийное выключение двигателя
АПВ	-	Аварийный предел воздействия
АЗТ	-	Аварийная зона трассы
ГИС	-	Географические информационные системы
ГО	-	Головной обтекатель
ГОСТ	-	Государственный стандарт
ДУ	-	Двигательная установка
ЖРД	-	Жидкостный реактивный двигатель
КРТ	-	Компоненты ракетного топлива
ЛИ	-	Летные испытания
НТД	-	Научно-техническая документация (документ)
НП	-	Населенный пункт
ОПС	-	Окружающая природная среда
ОС	-	Окружающая среда
ОЧ	-	Отделяющаяся часть
ПГТ	-	Поселок городского типа
ПСТ	-	Поселок сельского типа
ПО	-	Программное обеспечение
РФ	-	Российская Федерация
РП	-	Район падения
СК	-	Система координат
СКО	-	Среднеквадратичное отклонение
СУ	-	Система управления
ТС	-	Точка старта
ЦМ	-	Центр масс
УВВ	-	Ударная воздушная волна

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Алгоритм оценивания безопасности трассы пуска	7
1.1 Построение аварийной зоны трассы.....	7
1.2 Предварительный картографический анализ	8
1.3 Оценка вероятности отказа изделия комплекса «128» и плотности распределения отказов по времени полета.....	8
1.4 Расчет плотности распределения точек падения.....	9
1.5 Расчет размеров зон поражения.....	9
1.6 Оценки показателей безопасности.....	9
1.7 Используемое картографическое, информационное и программное обеспечение.....	12
2 Перечень и характеристики основных поражающих факторов при падении ОЧ в РП и при возникновении аварийных ситуаций на участке полета изделия комплекса «128» по трассе пуска	14
2.1 Общая классификация поражающих факторов источников техногенных чрезвычайных ситуаций	14
2.2 Перечень и характеристики основных поражающих факторов при падении ОЧ в РП	15
2.3 Перечень и характеристики основных поражающих факторов при аварийных ситуациях по трассе пуска изделия комплекса «128».....	17
2.3.1 Основные поражающие факторы при аварийных ситуациях по трассе пуска изделия.....	17
2.3.2 Поражающие факторы от взрыва КРТ при падении на землю изделия с остатками топлива	25
2.3.3 Зоны поражения от теплового излучения при пожаре.....	30
2.3.4 Поражающие факторы от токсичного воздействия при падении на землю РН с остатками топлива	34
3 Расчет вероятностей аварий изделия комплекса «128» на характерных участках полета на основе анализа статистики отказов отечественных носителей на ЖРД	38
3.1 Анализ распределения отказов изделия по времени полета с учетом статистики аварий отечественных носителей на ЖРД.....	38
3.2 Анализ сценариев развития возможных аварий изделия комплекса «128» по опыту пусков ракеты-носителя типа «Днепр»	40
3.3 Оценка вероятности возникновения отказов изделия комплекса «128» по времени полета	42
4 Анализ безопасности трассы пуска № 5	45
4.1 Схемы прохождения трасс.....	45
4.2 Расчет вероятностей падения аварийного изделия комплекса «128» на характерные участки трассы № 5	49
4.3 Оценка показателей риска для населения, проживающего вдоль трассы пуска № 5 и вблизи РП ОЧ.....	53
4.3.1 Оценка потенциальных рисков по трассе пуска №5	53

4.3.2	Оценка рисков в населенных пунктах по трассе пуска № 5.....	56
4.3.3	Оценка показателей безопасности для природных, социально-экономических и прочих объектов по трассе пуска № 5	58
4.4	Оценка показателей риска попадания ОЧ изделия в населенные пункты, хозяйственные объекты инфраструктуры, природоохранные и другие объекты, расположенные в РП ОЧ и на прилегающих территориях для трассы № 5..	63
4.4.1	РП первой степени и ГО по трассе №5.....	64
4.4.2	РП второй, третьей ступеней и платформы верхнего яруса по трассе №5.....	67
5	Трасса пуска № 6.1	68
5.1	Расчет вероятностей падения аварийного изделия комплекса «128» на характерные участки трассы № 6.1	68
5.2	Оценка показателей риска для населения, проживающего вдоль трассы пуска № 6.1 и вблизи РП ОЧ.....	71
5.2.1	Оценка потенциальных рисков по трассе пуска № 6.1	71
5.2.2	Оценка рисков в населенных пунктах по трассе пуска № 6.1.....	73
5.2.3	Оценка показателей безопасности для природных, социально-экономических и прочих объектов по трассе пуска № 6.1	77
5.3	Оценка показателей риска попадания ОЧ изделия в населенные пункты, хозяйственные объекты инфраструктуры, природоохранные и другие объекты, расположенные в РП ОЧ и на прилегающих территориях для трассы № 6.1	81
5.3.1	РП первой степени для трассы № 6.1	81
5.3.2	РП второй, третьей ступеней и ГО для трассы № 6.1	87
6	Трасса пуска № 6.2	90
6.1	Расчет вероятностей падения аварийного изделия комплекса «128» на характерные участки трассы № 6.2	90
6.2	Оценка показателей риска для населения, проживающего вдоль трассы пуска № 6.2 и вблизи РП ОЧ.....	93
6.2.1	Оценка потенциальных рисков по трассе пуска № 6.2.....	93
6.2.2	Оценка рисков в населенных пунктах по трассе пуска № 6.2.....	95
6.2.3	Оценка показателей безопасности для природных, социально-экономических и прочих объектов по трассе пуска № 6.2	98
6.3	Оценка показателей риска попадания ОЧ изделия в населенные пункты, хозяйственные объекты инфраструктуры, природоохранные и другие объекты, расположенные в РП ОЧ и на прилегающих территориях для трассы № 6.2	102
6.3.1	РП первой степени для трассы 6.2	103
6.3.2	РП второй, третьей ступеней и ГО для трассы пуска № 6.2	106
7	Основные результаты и выводы по безопасности рассмотренных РП ОЧ и трасс пусков изделия 128.....	109
	Использованные источники	115

Введение

В соответствии с Дополнением 11 к Техническому заданию АО «ГРЦ Макеева» от 27.11.2012 г. №001/118-666-2012 на выполнение работы по теме: «Разработка комплекта заявочной уведомительной документации в обеспечение проведения государственной экологической экспертизы комплекса «128» на этапах лётных испытаний и эксплуатации» /1/ была проведена оценка безопасности трасс пусков и районов падения отделяемых частей лётного изделия комплекса «128» при проведении испытаний и разработаны настоящие материалы.

Для достижения указанной цели были решены следующие задачи:

- определены перечень и характеристики населенных пунктов (размеры, количество проживающего населения), объектов хозяйственной инфраструктуры и природных объектов в районах падения (РП) отделяющихся частей (ОЧ) ракеты-носителя (РН) и на притрассовых участках полета;
- определены перечень и характеристики основных поражающих факторов при падении ОЧ РН в РП и при возникновении аварийных ситуаций на участке полета изделия комплекса «128» по трассе пуска;
- оценены показатели риска попадания ОЧ РН в населенные пункты, хозяйственные объекты инфраструктуры, природоохранные и другие объекты, расположенные в РП ОЧ РН и на прилегающих территориях;
- оценены показатели риска для населения, проживающего вдоль трасс пусков и в районах падения ОЧ РН;
- оценены показатели риска попадания аварийного изделия «128» в хозяйственные объекты инфраструктуры, природоохранные и другие объекты;
- приведены результаты и выводы по безопасности рассмотренных РП ОЧ РН и трасс пусков изделия;
- разработаны рекомендации по размещению РП ОЧ РН и прохождения трасс пусков для обеспечения их безопасности.

Оценивание безопасности трасс запусков и районов падения отделяемых частей лётного изделия комплекса «128» проводилось с использованием методики, разработанной АО «ЦНИИмаш» /2/, по исходным данным представленных заказчиком.

В соответствии с требованиями ТЗ рассмотрены три варианта трассы для пуска № 5 (трасса № 5), пуска № 6 вариант 1 (трасса № 6.1) и пуска № 6 вариант 2 (трасса № 6.2).

Анализ притрассовых территорий и РП ОЧ изделия комплекса «128» проводился на основе имеющихся у исполнителя векторных электронных карт в формате географических информационных систем (ГИС), включая картографическую базу данных «Цифровая модель местности территории Российской Федерации» масштаба 1:1 000 000 /3/, а также других источников информации.

1 Алгоритм оценивания безопасности трассы пуска

Трасса пуска и РП ОЧ РН рассматриваются как потенциально опасные производственные объекты, к которым применяются принципы анализа риска опасных производственных объектов. Методология анализа базируется на основных положениях Руководства по безопасности "Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах" (Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 N 144) /4/, ГОСТ Р 22.2.01-2015 /5/, а также результатах исследований по данной тематике в МЧС и на предприятиях ГК «Роскосмос». Методика оценивания безопасности трасс пусков и РП ОЧ изделия комплекса «128» приведена в /2/.

Под трассой пуска понимается проекция траектории полета изделия комплекса «128» на земную поверхность.

Под аварийной трассой пуска понимается линия на поверхности Земли, образованная центрами группирования точек падения аварийного изделия комплекса «128» или его фрагментов для различных моментов времени отказа или аварийного выключения двигателя (АВД).

Под аварийной зоной трассы (АЗТ) понимается фигура на поверхности земли, вытянутая вдоль аварийной трассы и ограниченная левой и правой границами максимального (с заданной вероятностью) бокового разброса точек падения ОЧ изделия комплекса «128». Ширина аварийной зоны определяется нештатными ситуациями, приводящими к максимальному отклонению полёта изделия комплекса «128» в боковом направлении.

Алгоритм оценки безопасности для конкретной трассы пуска включает следующие основные этапы.

1.1 Построение аварийной зоны трассы

Аварийная зона трассы аппроксимируется полигоном, образованным линиями, ограничивающими зону максимального (с некоторой вероятностью) прогнозируемого бокового разброса точек падения ОЧ изделия комплекса «128» в случае аварии.

Исходными данными для построения АЗТ является таблица характеристик аварийной трассы, определяемая разработчиком комплекса «128», включающая координаты, дальности падения, максимальные (с заданной вероятностью) продольные и боковые размеры зоны рассеивания точек падения ОЧ изделия комплекса «128» и ее фрагментов на земной поверхности при аварийном выключении ДУ на траектории полета.

АЗТ рассчитывается путем интерполяции последовательности точек левой и правой линий, ограничивающих зону рассеивания точек падения аварийного изделия комплекса «128», и объединения этих линий в объект типа «полигон». Прогнозируемые размеры зоны рассеивания точек падения в продольном и боковом направлении в зависимости от времени наступления отказа определяются предприятием-разработчиком комплекса «128».

1.2 Предварительный картографический анализ

Полученная аварийная зона трассы наносится на цифровую карту для предварительного картографического анализа. В ходе анализа определяются наземные объекты различного типа, которые попадают в АЗТ и, таким образом, являются потенциальными объектами риска. Картографический анализ проводится с использованием программного обеспечения на базе технологий ГИС /6, 7/. Проводятся количественные оценки числа и характеристик объектов, находящихся в АЗТ. На основании данных об этих объектах делается предварительный качественный вывод о потенциальной опасности или безопасности трассы. Например, при пролете над крупными городами может быть принято управленческое решение о нецелесообразности проведения пусков по данной трассе без проведения количественных оценок.

1.3 Оценка вероятности отказа изделия комплекса «128» и плотности распределения отказов по времени полета

Оценивается вероятность отказа на активном участке полета изделия комплекса «128». По результатам проектных проработок или/и на основании анализа

статистики отказов аналогов строится плотность распределения отказов по времени $\beta(t)$ и с учетом зависимости дальности падения от времени АВД $L(t)$ рассчитывается плотность распределения расчетных дальностей падения ОЧ аварийного изделия комплекса «128» $\beta_L(l)$.

1.4 Расчет плотности распределения точек падения

Исходя из предположения нормального закона распределения рассчитывается сетка значений плотности распределения точек падения ОЧ аварийного изделия комплекса «128» в системе координат аварийной трассы пуска с некоторым шагом по дальности и в боковом направлении. Полученная сетка накладывается на заданный слой географической карты, содержащий, например, полигональные населенные пункты. С помощью процедур пространственного анализа для каждого объекта рассчитываются элементарные площадки dS_{mi} пересечения объекта с сеткой и средние значения плотности распределения f_{mi} для площадок, которые используются для оценки вероятности попадания объекта в зону поражения. Кроме того, для каждого объекта дополнительно могут рассчитываться: средняя удаленность объекта от точки старта, средняя боковая удаленность от трассы, площадь или длины (для линейных и площадных объектов карты) участков пересечений объектов и АЗТ.

1.5 Расчет размеров зон поражения

Рассчитываются размеры зон поражения для различных поражающих факторов в зависимости от времени отказа и дальности падения аварийного изделия комплекса «128».

1.6 Оценки показателей безопасности

С использованием полученных исходных данных проводится расчет потенциальных рисков для трассы и уточненный расчет рисков для конкретных наземных объектов по методике /2/, которые затем сравниваются с критериями допустимости рисков.

Для населения безопасность трассы для годовой программы пусков изделия комплекса «128» оценивается по следующим показателям /2, 4/:

- максимальный потенциальный риск – максимальная вероятность поражения аварийным изделием человека при условии его нахождения непосредственно на трассе пуска изделия комплекса «128» (нулевое боковое удаление от трассы);
- индивидуальный риск в населенных пунктах - вероятность поражения аварийным изделием человека, находящегося в конкретном населенном пункте вблизи трассы;
- интегральный индивидуальный риск в населенных пунктах – суммарная вероятность поражения аварийным РН хотя бы одного человека во всех населенных пунктах, находящихся вблизи трассы.

Для объектов ОПС и наземной инфраструктуры безопасность трассы для годовой программы пусков изделия комплекса «128» оценивается по следующим показателям:

1. вероятность поражения аварийным изделием конкретных наземных объектов с учетом их расположения относительно трассы и размеров;
2. суммарная вероятность поражения аварийным изделием наземных объектов определенного типа.

Критерии допустимости риска в зависимости от социального и материального ущерба при реализации опасности в соответствии с рекомендациями МЧС РФ (ГОСТ Р 22.2.01-2015 /5/) приведены в таблицах (Таблица 1.6-1, Таблица 1.6-2). Указанные в таблицах критерии рекомендуются для оценки безопасности трасс пусков и РП ОЧ изделия.

Фактические риски смертности в современных условиях в России от всех причин превышают 10^{-2} , в различных областях промышленности находятся на уровне 10^{-3} - 10^{-4} в год (/8/).

Таблица 1.6-1 Критерии уровней риска в зависимости от социального ущерба при реализации опасности

Вероятность реализации опасности в год	Социальный ущерб				
	Погибло более одного человека, имеются пострадавшие	Погиб один человек, имеются пострадавшие	Погибших нет, имеются серьезно пострадавшие	Серьезно пострадавших нет, имеются потери трудоспособности	Лиц с потерей трудоспособности нет
> 1	1				
1- 10 ⁻¹					
10 ⁻¹ - 10 ⁻²	2				
10 ⁻² - 10 ⁻³					
10 ⁻³ - 10 ⁻⁴	3				
10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵					
10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁶					

Таблица 1.6-2 Матрица для определения опасности территорий (зон) по критерию «частота реализации - финансовый ущерб»

Вероятность реализации опасности в год	Финансовый ущерб, тыс. руб.			
	> 500 000	5 000-500 000	100-5 000	<100
> 1	1			
1 - 10 ⁻¹				
10 ⁻¹ - 10 ⁻²	2			
10 ⁻² - 10 ⁻³				
10 ⁻³ - 10 ⁻⁴	3			
10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵				
10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁶				

- 1 - Зона неприемлемого риска, необходимы неотложные меры по уменьшению риска;
 2- Зона жесткого контроля, необходима оценка целесообразности мер по уменьшению риска;
 3 - Зона приемлемого риска, нет необходимости в мероприятиях по уменьшению риска.

Таблица 1.6-3 Коэффициенты смертности в РФ по основным классам причин смерти (число умерших на 100 000 человек трудоспособного населения, по данным Госкомстата /8/)

Причины смерти	2014	2015	2016	2017	2018	Риск
Всего умерших от всех причин	565.6	546.7	525.3	484.5	482.2	4.8E-03
в том числе:						
от внешних причин смерти	159.4	146.9	137.1	124.0	116.6	1.2E-03
от случайных отравлений алкоголем	13.7	13.2	12.1	10.5	9.4	9.4E-05
от всех видов транспортных несчастных случаев	26.7	22.3	19.6	18.1	17.2	1.7E-04
от самоубийств	23.6	22.5	20.5	17.8	15.9	1.6E-04
от убийств	12.5	11.5	10.2	8.8	7.8	7.8E-05

от болезней системы кровообращения	168.6	160.7	156.7	146.4	147.0	1.5E-03
от новообразований	79.9	80.5	78.9	74.7	74.0	7.4E-04
от болезней органов дыхания	26.5	24.1	22.8	18.0	18.0	1.8E-04
от болезней органов пищеварения	50.1	50.6	47.5	42.7	44.3	4.4E-04
от инфекционных и паразитарных болезней	31.3	33.6	35.3	35.2	35.2	3.5E-04

Таблица 1.6-4 Уровень рисков на производстве в РФ (по данным Госкомстата)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Риски 2020г.
Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве на 1000 работающих соответствующего пола									
всего	1.7	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.0	1.0E-03
мужчины	2.1	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	1.2E-03
женщины	1.1	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	7.0E-04
со смертельным исходом									
всего	0.080	0.067	0.062	0.062	0.056	0.054	0.053	0.045	4.5E-05
мужчины	0.132	0.110	0.103	0.103	0.094	0.089	0.087	0.072	7.2E-05
женщины	0.013	0.011	0.010	0.009	0.008	0.008	0.007	0.008	8.0E-06

1.7 Используемое картографическое, информационное и программное обеспечение

Картографический анализ расположения населенных пунктов, наиболее важных антропогенных и природных объектов вблизи аварийной трассы пуска изделия комплекса «128», РП ОЧ РН проводился на основании исходных данных (характеристики трассы пуска, районов падения отделяемых частей), представленных Заказчиком.

Анализ проводился с использованием лицензионного универсального геоинформационного программного обеспечения (ПО) ArcGIS 10 и специального ПО разработки АО «ЦНИИмаш» «Программный комплекс на основе технологий

геоинформационных систем для картографического обеспечения задач выбора новых трасс пусков и районов падения отделяющихся частей перспективных и существующих средств выведения» /6/, доработанный под нужды настоящей работы.

Картографический анализ проводился с использованием следующих карт:

- векторных электронных карт в формате географических информационных систем (ГИС) разработки СП «Дата+» /3/, в том числе для административных регионов стран Мира, территорий РФ масштаба 1:1000000;
- карт Федеральной государственной информационной системы территориального планирования (ФГИС ТП, <https://fgistr.economy.gov.ru>);
- открытой базы геоданных в формате OpenStreetMap (OSM, <http://osm.org>);
- бумажных общегеографических карт субъектов РФ издания Роскартография масштабов 1:500 000 - 1:1 000 000.

Указанная БГД была дополнена информацией по численности населения городов и ПГТ РФ по состоянию на 2010-2020г. /9/.

2 Перечень и характеристики основных поражающих факторов при падении ОЧ в РП и при возникновении аварийных ситуаций на участке полета изделия комплекса «128» по трассе пуска

2.1 Общая классификация поражающих факторов источников техногенных чрезвычайных ситуаций

Необходимость обеспечения безопасности при проектировании трасс пусков и РП ОЧ изделия обусловлена требованиями, вытекающими из нормативно-правовых документов, регламентирующих ракетно-космическую деятельность /10, 11, 12 и др./ . В соответствии с этими документами безопасные лётные испытания изделия должны обеспечивать минимизацию рисков нанесения вреда здоровью и имуществу обслуживающего персонала, гражданам и юридическим лицам, находящимся в зоне возможного воздействия отрицательных факторов проводимых работ, и загрязнения окружающей среды.

Территории, прилегающие к трассам пусков и РП ОЧ РН, являются зонами потенциальной опасности в связи с возможностью отказов изделия на активном участке полета и падения аварийных изделий или их фрагментов вблизи трасс или падения ОЧ РН за границами выделенного РП, что может привести к возникновению техногенной чрезвычайной ситуации (ЧС) /13/.

В соответствии с ГОСТ Р 22.0.07-95 /13/ поражающие факторы источников техногенных ЧС классифицируют по генезису (происхождению) и механизму воздействия.

Поражающие факторы источников техногенных ЧС по генезису подразделяют на:

- факторы прямого действия, или первичные;
- факторы побочного действия, или вторичные.

Первичные поражающие факторы непосредственно вызываются возникновением источника техногенной чрезвычайной ситуации. Вторичные поражающие факторы вызываются изменением объектов окружающей среды первичными поражающими факторами.

Поражающие факторы источников техногенных ЧС по механизму действия подразделяют на факторы:

- физического действия;
- химического действия.

К поражающим факторам физического действия относят:

- воздушную ударную волну;
- обломки или осколки;
- тепловое излучение;
- экстремальный нагрев среды;
- волну сжатия в грунте;
- сейсмозрывную волну;
- волну прорыва гидротехнических сооружений;
- ионизирующее излучение.

К поражающим факторам химического действия относят токсическое действие опасных химических веществ.

Наиболее значимые последствия аварийных и нештатных ситуаций по трассе пуска и в РП ОЧ РН определяются следующими сценариями:

- попадание в населенный пункт;
- попадание в промышленный объект с потенциально опасным производством /14/;
- попадание в природные объекты, являющиеся элементами жизнеобеспечения (источники водоснабжения и др.).

2.2 Перечень и характеристики основных поражающих факторов при падении ОЧ в РП

Возможность возникновения ЧС в РП ОЧ РН определяется, с одной стороны, расположением и размерами РП (параметрами разброса точек падения ОЧ или ее фрагментов), характеристиками ОЧ РН как источника потенциальной опасности (массово-габаритными параметрами конструкции, остатками КРТ на

момент приземления), интенсивностью использования РП, с другой стороны – расположением объектов риска в РП и вблизи него.

Исходя из опыта эксплуатации изделия наиболее вероятными и важными по своим последствиям поражающими факторами в РП ОЧ являются /15, 16/:

- а) прямое попадание ОЧ комплекса «128» или его фрагментов;
- б) взрыв КРТ при падении ОЧ на землю с остатками топлива;
- в) пожары (как первичные – горение КРТ, так и вторичные – пожары на местности, спровоцированные аварией);
- г) токсическое действие вследствие испарения остатков КРТ, проливов остатков КРТ на поверхность земли, попадания в поверхностные или/и подземные воды.

Безопасность в РП обеспечивается, прежде всего, выбором их мест расположения исходя из требований отсутствия в границах РП следующих объектов:

- мест постоянного проживания населения,
- промышленных объектов (особенно потенциально опасных),
- объектов, имеющих особое природоохранное, научное, историко-культурное, эстетическое, рекреационное, оздоровительное и иное ценное значение (в том числе территорий проживания и хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Дальнего востока и Восточной Сибири).

При пуске должны выполняться следующие мероприятия по обеспечению безопасности в РП (аналогичные принятым в ГК «Роскосмос» /17/):

- оповещение органов власти, хозяйствующих субъектов и населения о предстоящем пуске и закрытии района падения для нахождения и перемещения людей и техники всех видов,
- извещение о временном закрытии района для полетов авиации и судоходства,
- предпусковые контрольные облеты РП с использованием авиационной техники для осмотра территории РП на предмет отсутствия людей, техники, морских судов,
- эвакуация людей из РП (при необходимости).

Экологическая безопасность в сухопутных РП ОЧ в общем случае обеспечивается в первую очередь исключением применения в составе ОЧ источников радиоактивного излучения, минимизацией остатков КРТ в ОЧ изделия, комплексом послепусковых работ по эвакуации ОЧ, ликвидации проливов КРТ, детоксикации нарушенных территорий.

2.3 Перечень и характеристики основных поражающих факторов при аварийных ситуациях по трассе пуска изделия комплекса «128»

2.3.1 Основные поражающие факторы при аварийных ситуациях по трассе пуска изделия

Возможность возникновения ЧС по трассе пуска определяется, с одной стороны, характеристиками изделия комплекса «128» как источника потенциальной опасности (вероятностью отказа на участке выведения, распределением этой вероятности по трассе, массово-габаритными параметрами конструкции и остатками КРТ на момент аварии, интенсивностью запусков изделия комплекса «128»), с другой стороны – расположением объектов риска вблизи трасс пусков.

Наиболее тяжелые последствия, в том числе экологические, могут возникнуть при падении аварийного изделия комплекса «128» на населенные пункты и промышленные объекты с повышенной опасностью¹. К последним относятся промышленные объекты, использующие в своем производстве взрывопожароопасные или опасные химические вещества, гидротехнические сооружения, хвостохранилища² и шламонакопители³, на которых возможны гидродинамические аварии, объекты трубопроводной сети (нефтегазопроводы), объекты атомной отрасли России. Значительный ущерб может возникнуть при падении аварийного изделия комплекса «128» на объекты энергетики (электростанции, линии электропередач) и транспортной сети (магистральные железные и автомобильные до-

¹ Приказ МЧС России и Госгортехнадзора России от 4 апреля 1996 г. № 222/59 «О порядке разработки декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации»

² Накопитель отходов переработки различных руд

³ Накопитель шламов (жидких отходов) различных производств и коммунальных предприятий

роги). Определенный, но меньший, ущерб – при падении на объекты окружающей природной среды (в первую очередь особо охраняемые – заповедники, заказники, объекты водозабора). При этом в силу особенностей полета изделия, наибольшему риску при авариях подвергаются объекты, расположенные на начальных участках трасс, риски уменьшаются по мере удаления от точки старта, увеличения высоты полета и уменьшения остатков компонентов ракетного топлива на борту изделия.

Безопасность трасс пусков перспективных изделия должна быть обеспечена:

- высокой надежностью изделия,
- выбором траектории полета изделия и расположения районов падения ОЧ с учетом степени реальной опасности возникновения ЧС,
- комплексом конструктивно-технических решений и технологий для парирования нештатных и аварийных ситуаций,
- превентивными организационно-техническими мероприятиями, реализуемыми при возникновении чрезвычайных ситуаций на полигоне, по трассам пусков и в РП ОЧ изделия.

Исходя из опыта эксплуатации изделия, при аварии на активном участке полета из указанного выше перечня поражающих факторов наиболее вероятными и важными по своим последствиям, в первую очередь для человека, можно считать /18, 19/:

- а) прямое попадание аварийного изделия комплекса «128» или его фрагментов;
- б) взрыв КРТ при падении аварийного изделия комплекса «128» на землю с остатками топлива;
- в) пожары (как первичные – горение КРТ, так и вторичные – пожары на местности, спровоцированные аварией);
- г) токсическое действие вследствие испарения остатков КРТ, проливов остатков КРТ на поверхность земли, попадания в поверхностные или/и подземные воды.

В общем случае все эти поражающие факторы могут воздействовать совместно. При этом вероятность реализации, мощность и последствия воздействия каждого фактора во многом определяются условиями наступления аварии (время, высота, скорость и другие параметры полета изделия комплекса «128», масса остатков компонентов топлива, причина отказа и др.), характером ее развития, а также конкретными характеристиками ОС в местах аварии и падения аварийного изделия комплекса «128».

Наиболее тяжелыми по своим последствиям являются аварии в момент старта и на начальном этапе полета вблизи космодромов. Такие аварии с полным запасом КРТ на борту могут сопровождаться взрывом большой мощности, сильным пожаром, тепловым излучением, химическим заражением и другими факторами, приводящими в ряде случаев к разрушению стартового комплекса и гибели персонала.

Вне космодромов по трассе пуска наибольшую опасность может представлять падение фрагментов аварийного изделия комплекса «128» на населенный пункт или их попадание в потенциально опасный промышленный объект /14/. Последствиями такой аварии может быть гибель людей и причинение значительного материального ущерба.

Анализ вероятности возникновения различных поражающих факторов при аварии изделия комплекса «128» проведен на основе результатов исследования процессов разрушения носителя-аналога «Днепр» при аварийных ситуациях, выполненного ГKB «Южное» /20/.

Наиболее вероятным в случае аварии комплекса «128» является фактор поражения прямым попаданием аварийного изделия комплекса «128» или его фрагментов, поскольку падение аварийного изделия комплекса «128» или фрагментов на поверхность земли является *достоверным событием*, реализующимся в той или иной степени при любых сценариях развития аварийной ситуации. Более того, для аварий на вторых и последующих ступенях падение фрагментов можно считать практически единственным возможным первичным фактором поражения.

Достаточно вероятными являются пожары, спровоцированные как взрывами и пожарами КРТ, так и падением на поверхность земли нагретых фрагментов изделия комплекса «128». Для возникновения пожара на местности необходимы соответствующие погодные условия и наличие растительности.

Вероятным фактором является поражение вследствие наземного взрыва. Необходимым условием для этого является падение на поверхность земли не разрушенного аварийного изделия комплекса «128» или отдельных ступеней с остатками не прореагировавшего топлива и самовоспламенение этих остатков в результате смешивания при разрушении конструкции. Возникновение данного фактора наиболее вероятно на начальных участках трассы первой ступени.

Для реализации поражающих факторов от воздействия остатков топлива вследствие их пролива на землю и/или испарения, кроме условия падения на землю изделия комплекса «128» с остатками не прореагировавшего топлива, необходимо дополнительное условие не смешивания компонентов КРТ. При падении изделия комплекса «128» целиком или отдельных ступеней вследствие высокой воспламеняемости компонентов можно прогнозировать практически полное выгорание КРТ при взрыве и/или пожаре, при этом токсическое воздействие будет локальным. В максимальных масштабах токсичное поражение возможно только при раздельном падении не разрушенных баков окислителя или горючего. При авариях на участке полета второй и третьей ступени вследствие их разрушения на значительных высотах токсичное воздействие КРТ в приземном слое можно считать практически невозможным.

Приведенные рассуждения подтверждаются авариями носителей с токсичными КРТ, произошедшими в последние десятилетия.

Так, при двух авариях носитель «Протон» в 1999г./21, 22, 23/, произошедших на участке работы второй ступени (277 и 222 с, дальность падения ~ 1000 и 700 км соответственно), имело место разрушение носителя на участке спуска до падения на землю. В результате исследований мест падения фрагментов РН компоненты токсичных КРТ были обнаружены лишь в 1-2% проб и в концентрациях,

не превышающих ПДК. Имели место вторичные локальные пожары на местности, вызванные падением горячих фрагментов. В тоже время, число только обнаруженных мест падения фрагментов носителя при одном пуске достигало свыше 120, в том числе несколько фрагментов упали на территориях населенных пунктов Беталыс и Карбушевка.

Результаты исследований последствий аварии носителя «Протон-М» в 2007 г. (отказ на участке работы второй ступени - 128.9 с полета) позволяют утверждать, что основная масса горючего прореагировала с окислителем при падении на землю второй и третьей ступени, что подтверждается наличием воронок, образовавшихся при взрыве. Участки почвы, загрязненной КРТ, обнаружены в местах падения верхней части разгонного блока с переходным отсеком, мелких фрагментов ОЧЗ и космического аппарата (малая воронка), и в зоне падения второй ступени (большая воронка). В местах падения фрагментов ОЧЗ загрязнение, по всей видимости, произошло в результате пролива из разрушенных баков. В зоне падения второй ступени загрязнение произошло в результате аэрогенного распространения непрореагировавших при взрыве остатков КРТ.

В результате экологического обследования места аварии было выявлено 4 участка местности, загрязненных КРТ и продуктами их разложения и трансформации. Загрязнения объектов окружающей среды в населенных пунктах, источниках водоснабжения и природных водах вследствие аварии не выявлены.

При ударе о землю второй ступени носителя произошел взрыв, в результате которого образовалась воронка диаметром 44,6 м и глубиной 17 м, высота бруствера - около 3 м.

Количество обнаруженных фрагментов составило ~120. Суммарная площадь нарушенных ландшафтов (образование воронок и повреждение почвенной поверхности), требующих проведения рекультивации, составила 47300 м² (радиус эквивалентной окружности ~123 м).

При аварии носителя «Протон-М» 2.07.2013 г. на 26 с полета на месте падения носителя после взрыва образовалась воронка размером 40 х 25 м глубиной

до 5 м. Размер площади возгорания растительного покрова в месте падения носителя составил - 4,9 га, размер воронки - 40 на 25 м, глубиной до 5 м. Площадь разлета фрагментов изделия составила около 140 га.

Зафиксировано загрязнение воздуха в 1,7 раза над ПДК максимально-разовой для воздуха рабочей зоны по горючему. Диоксид азота не обнаружен. Анализы почвы показали наличие загрязнения горючим в месте падения носителя «Протон-М» на уровне до 8850 ПДК. Обстановка не представляла какой-либо опасности для персонала, работающего на объектах космодрома. Это объясняется тем, что практически всё топливо выгорело в результате взрыва и пожара. На следующий день 4 июля было проведено дополнительное совместное обследование территории, по результатам которого уточнено расположение загрязненных участков и уровень загрязнения. Концентрация горючего в воздухе снизилась до значения ниже ПДК максимально-разовой для воздуха рабочей зоны ($\text{ПДК}_{\text{мр}} = 0,3 \text{ мг/м}^3$).

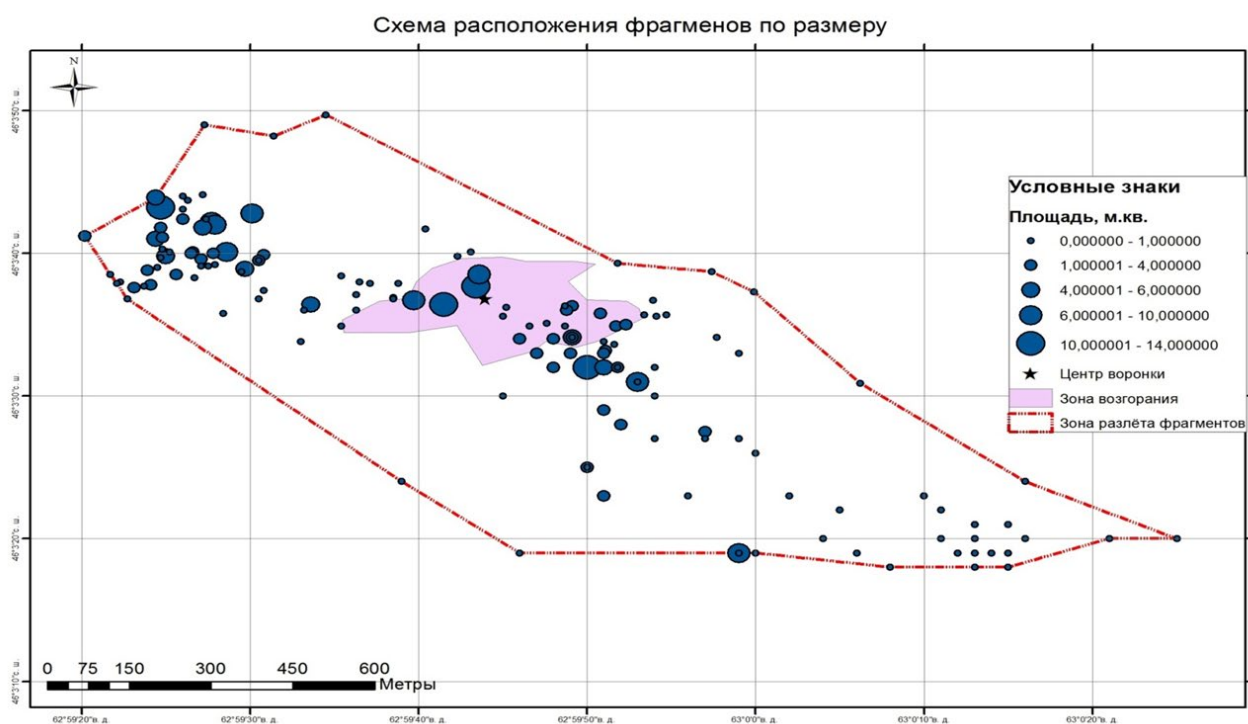


Рисунок 2.3-1 Разброс точек падения фрагментов изделия «Протон-М» при аварии 2013 г

По результатам анализа проб почвы на месте аварийного падения ракеты-носителя совместной российско-казахстанской рабочей группы было выделено две зоны подлежащие детоксикации:

1) Зона с высокой (более 800 мг/кг) концентрацией горючего площадью 1000 м². Данная зона включает в себя воронку с брусстерами. Размеры 25х40м и глубиной до 5 м.

2) Зона с низкой (мене 50 мг/кг) концентрацией горючего площадью 12100 м². Данная зона включает прилегающую к воронке территорию.

По результатам аварии были сделаны следующие выводы:

– Авария РН «Протон-М» 02.07.2013 г. не повлияла на уровень содержания загрязняющих веществ в компонентах окружающей среды в населенных пунктах региона.

– Загрязнение окружающей среды в районе аварии носит локальный характер по причине сгорания большей части токсичных компонентов ракетного топлива при взрыве носителя.

При аварии РН «Днепр» в 2006 г., произошедшей на участке работы первой ступени (74 с полета), имели место сильный взрыв и разрушение носителя при ударе о землю. На месте падения РН обнаружена воронка диаметром ~50 м и глубиной ~15 м. В радиусе ~500 м наблюдался разброс почвы и нарушение растительного покрова. Очагов возгорания растительности за пределами воронки не обнаружено. Основные фрагменты РН разбросаны в радиусе до ~400-500 м., отдельные мелкие фрагменты - на расстоянии до 800-900 м. Кроме того, ближе к точке старта были обнаружены фрагменты ГО.

Мониторинг места падения аварийной ракеты показал, что на удалении от центра воронки на расстояние 50-150 м уровень загрязнения грунта горючим не превышает предельно допустимых значений, а на расстоянии свыше 1 км данный загрязнитель вообще не был обнаружен. Отбор проб воды из поверхностных источников и из колодца с питьевой водой в п. Жанакала, расположенном в ~35 км от места аварии показал, что ни в одной из проб, гептил не обнаружен. Прове-

денное медико-санитарное обследование населения, проживающего в ближайших населенных пунктах, показало, что признаков отравления компонентами ракетного топлива у населения не обнаружено.

Кроме перечисленных в ГОСТ Р 22.0.07-95 признаков классификации поражающих факторов техногенных ЧС целесообразно учесть еще один – скорость воздействия на объект поражения.

По данному признаку поражающие факторы от прямого попадания аварийного изделия комплекса «128» или его фрагментов и взрыва КРТ действуют в течение короткого промежутка времени (практически мгновенно), так что для них не существует никаких предупредительных мер уменьшения последствий в случае аварии.

Остальные поражающие факторы (пожары и токсическое действие) характеризуются существенно более длительным периодом распространения и постепенностью воздействия, которые зависят от большого количества факторов, в том числе характеристик окружающей среды (состояния атмосферы, почвы, растительности и многих других). Таким образом, создаются предпосылки для возможности предупреждения и уменьшения последствий данного воздействия с использованием специальных сил и средств (нейтрализация проливов и фрагментов, детоксикация грунта, пожаротушение, эвакуация населения, применение индивидуальных защитных средств и т.д.).

Таким образом, в качестве основного достоверного поражающего фактора при аварии изделия комплекса «128» на всех участках активного полета принимается поражение от прямого попадания аварийного изделия комплекса «128» или его фрагментов. Факторы поражения от взрыва рассматриваются как достоверные на участке полета первой ступени (взрыв изделия комплекса «128» целиком, отдельные взрывы первой, второй и третьей ступени) и в начале участка полета второй ступени (взрыв). Факторы поражения от токсичности рассматриваются как возможные на участке полета первой ступени (локальное загрязнение

при падении не разрушенного изделия комплекса «128», ОЧ первой и второй ступени, сильное загрязнение при падении не разрушенного бака окислителя второй ступени).

Оценка размеров зон поражения проводится исходя из функциональных зависимостей размера зоны поражения от величины поражающего фактора и степени поражения объекта риска в соответствии с «Методикой...» /2/. В свою очередь, определенной степени поражения (и возникающего социального ущерба) соответствует определенный допустимый уровень риска (Таблица 1.6-1). Таким образом, различным допустимым уровням риска будут соответствовать различные размеры (или диапазоны размеров) зон поражающих факторов, что необходимо учитывать при оценке показателей безопасности.

2.3.2 Поражающие факторы от взрыва КРТ при падении на землю изделия с остатками топлива

2.3.2.1 Зоны поражения от УВВ

В случае падения изделия комплекса «128» с остатками топлива и его взрыва при ударе о землю наибольшую опасность представляет избыточное давление во фронте ударной воздушной волны (УВВ), величина которого определяется тротиловым эквивалентом остатков топлива. Тротильный эквивалент и размеры зон поражения рассчитывались в соответствии с методикой /2/ в зависимости от массы остатков КРТ на момент аварии (Рисунок 2.3-2).

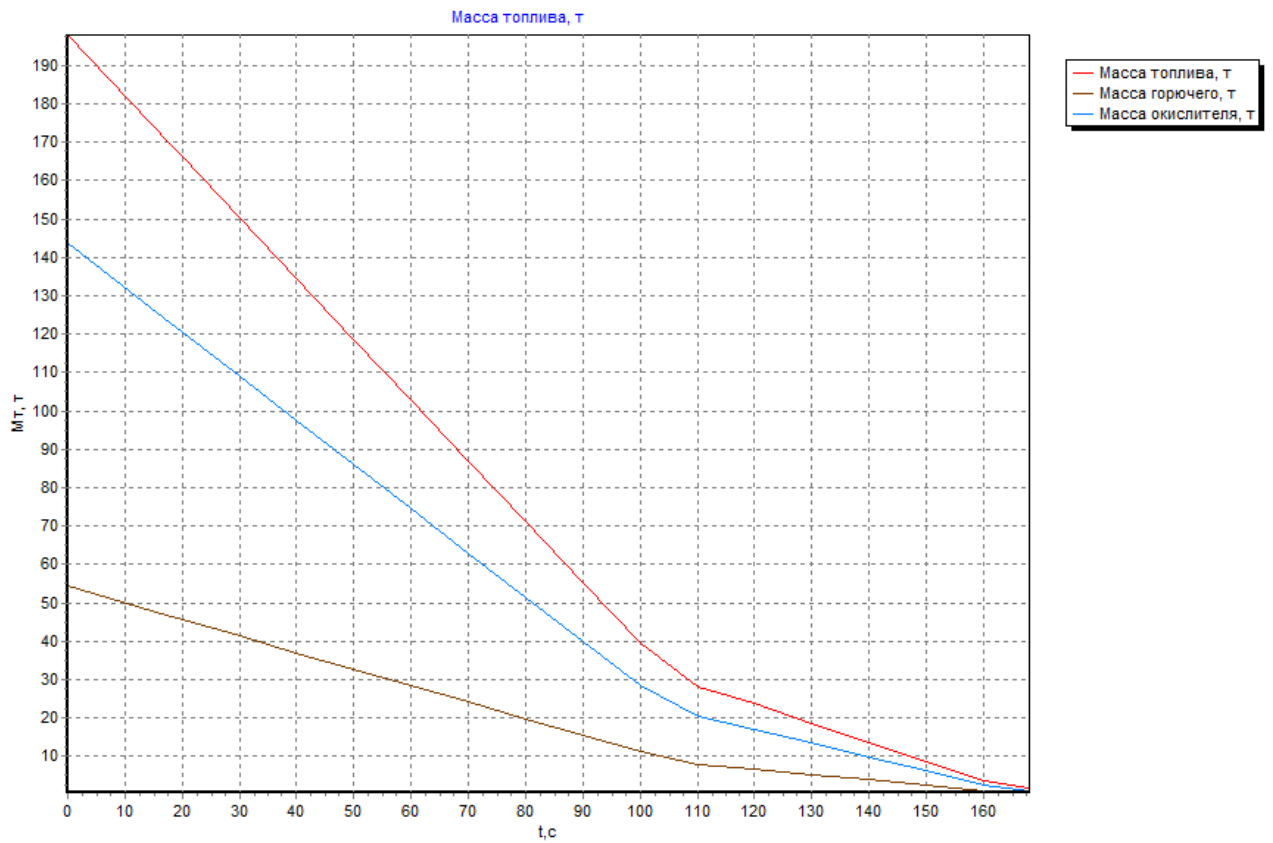


Рисунок 2.3-2 Масса остатков КРТ на момент аварии изделия (трасса № 5)

Результаты расчетов тротилового эквивалента и размеров зон поражения от УВВ для различных расчетных случаев (падение целой РН, падение ОЧ1, падение 2-ой ступени с ОЧ3, падение ОЧ3) и значений избыточных давлений представлены на рисунках (Рисунок 2.3-3-Рисунок 2.3-6).

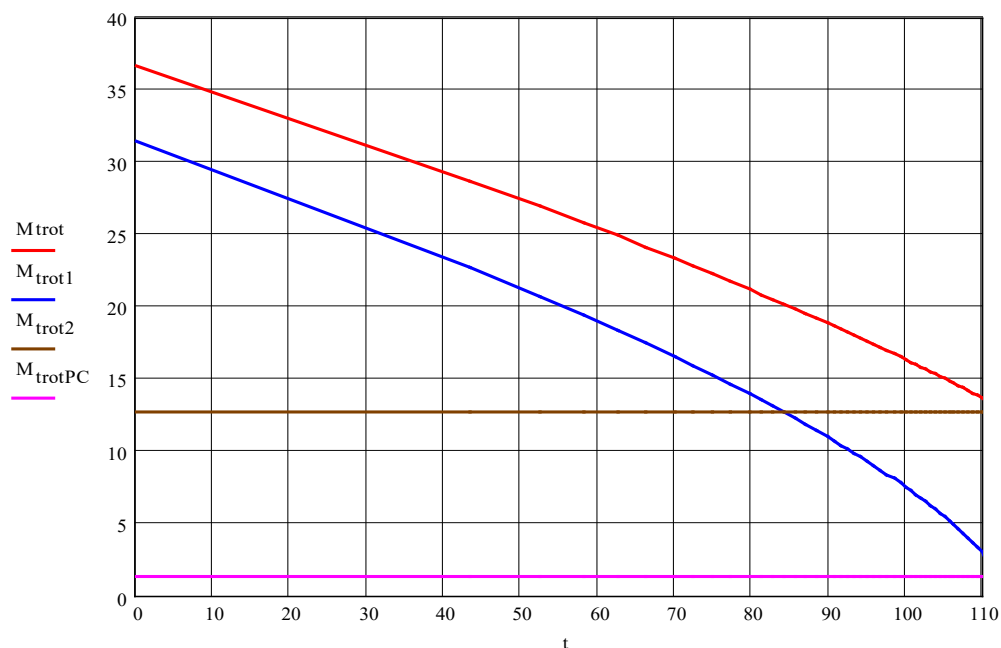


Рисунок 2.3-3 Тротиловый эквивалент остатков КРТ (τ) от времени АВД (c)

M_{trot} – целая РН; M_{trot1} – ОЧ1; M_{trot2} – вторая ступень; M_{trotPC} – РС.

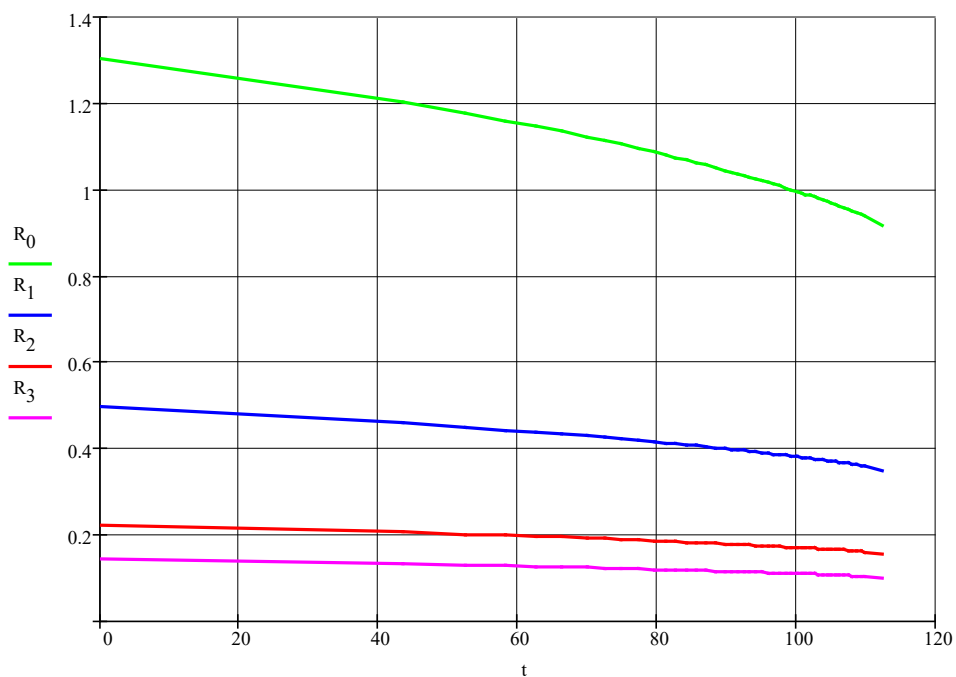


Рисунок 2.3-4 Радиусы зоны воздействия УВВ (км) от времени АВД (c) (падение и взрыв целого изделия)

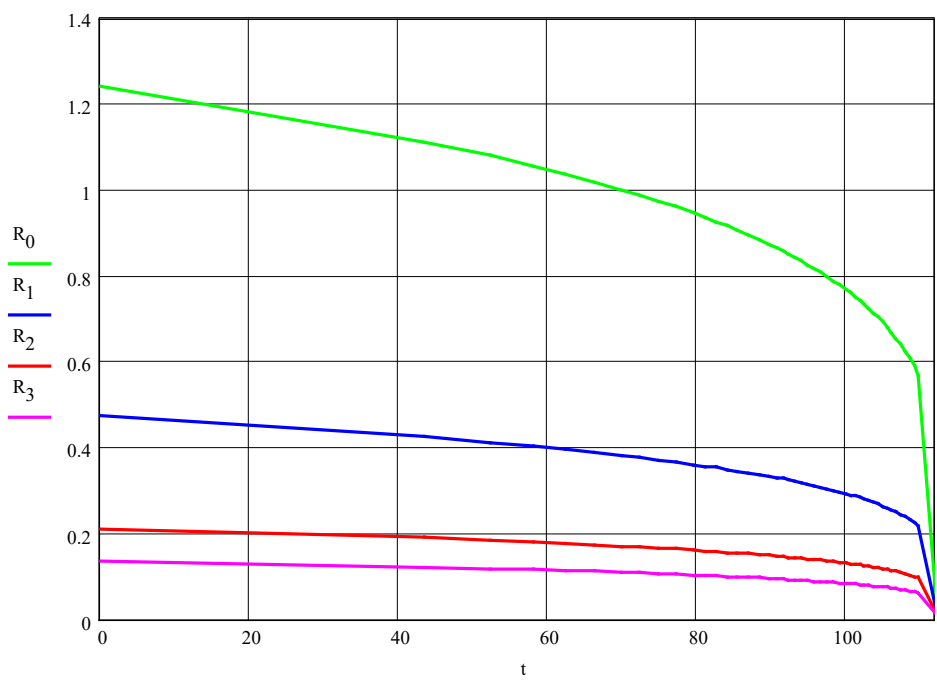


Рисунок 2.3-5 Радиусы зоны воздействия УВВ (км) от времени АВД (с) (падение и взрыв ОЧ1)

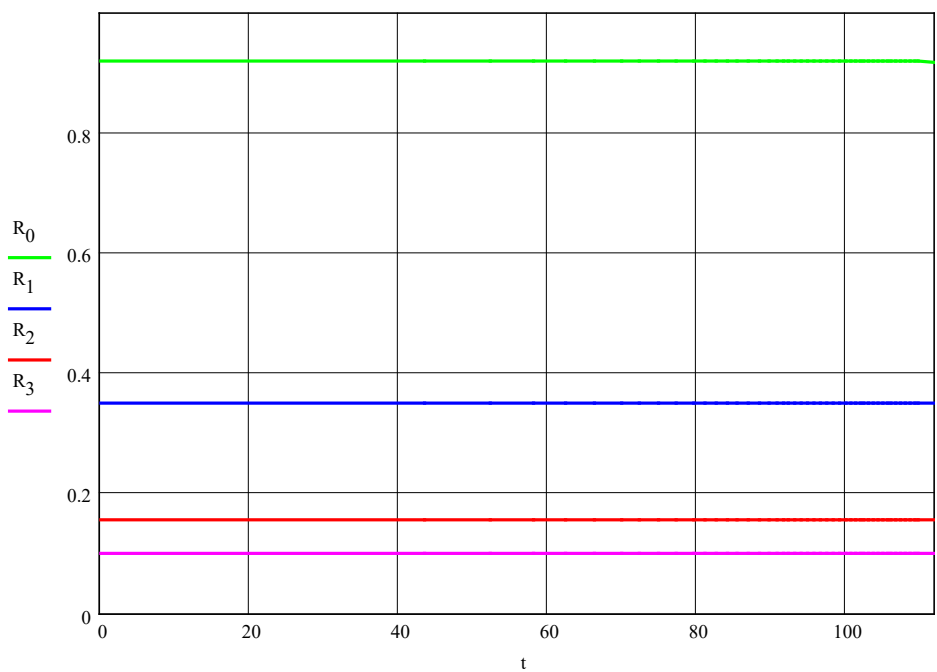


Рисунок 2.3-6 Радиусы зоны воздействия УВВ (км) от времени АВД (с) (падение и взрыв второй ступени +OЧ3)

Оценки размеров зон поражения для различных значений избыточных давлений во фронте УВВ приведены в таблице (Таблица 2.3-1).

Таблица 2.3-1 Расчетные значения избыточных давлений во фронте УВВ, соответствующие уровни приемлемого риска и оценки размеров зон поражения

Зоны опасности	Максимальное избыточное давление ΔP кгс/см ²	Уровень приемлемого риска ¹⁾	Обозначение зоны	Оценки размера зоны, км ²⁾
Безопасная зона для людей	0.03	$>10^{-1}$ - 10^{-2}	R ₀	0.9-1.3
Безопасная зона для людей на открытой местности, возможны травмы людей в легких зданиях	0.1	10^{-1} - 10^{-2} 10^{-2} - 10^{-3}	R ₁	0.35-0.5
Легкие травмы людей на открытой местности, зона возможных слабых разрушений сооружений, возможны травмы людей в зданиях	0.3	10^{-3} - 10^{-4} 10^{-4} - 10^{-5}	R ₂	0.15-0.21
Средние и тяжелые травмы людей на открытой местности, зона возможных сильных разрушений сооружений, возможна гибель людей в зданиях	0.65	10^{-4} - 10^{-5} 10^{-5} - 10^{-6}	R ₃	0.1-0.15
Гибель людей на открытой местности и в зданиях с высокой вероятностью	>0.65	10^{-5} - 10^{-6}		

Примечание

¹⁾: в числителе – для открытой местности, в знаменателе – в населенных пунктах

²⁾: указаны значения в конце и начале работы первой ступени

2.3.2.2 Зоны поражения от воздействия токсичных продуктов взрыва КРТ

Размеры зоны поражения от воздействия токсичных продуктов взрыва КРТ (в пересчете на условную окись углерода/24/) при падении целого изделия в зависимости от времени аварии приведены на рисунке (Рисунок 2.3-7). Максимальный размер зоны составляет ~530 м.

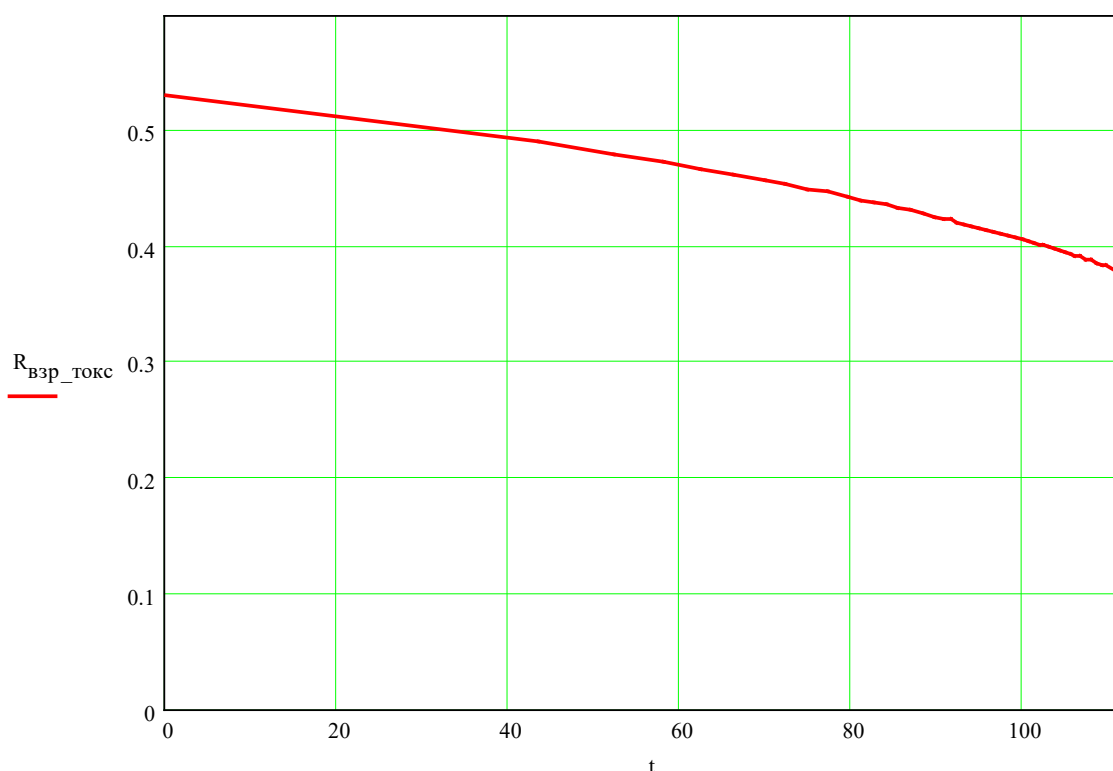


Рисунок 2.3-7 Радиус зоны токсичного воздействия продуктов сгорания КРТ при взрыве.

2.3.3 Зоны поражения от теплового излучения при пожаре

Возможными причинами возникновения пожаров при пуске изделия комплекса «128» могут служить:

- аварийный большой пролив (АБП) горючего;
- совместный пролив КРТ с перемешиванием компонентов;
- внешнее воздействие.

В свою очередь, причинами возникновения АБП горючего и совместных проливов КРТ могут служить:

- падение заправленной ракеты на поверхность Земли при пуске;
- механическое разрушение баков заправленной ракеты и т.п.

Очевидно, что на размеры и последствия такой аварии, как совместный пролив и горение КРТ (пожар), оказывают влияние такие факторы как характер и степень смешения компонентов, кинетические параметры компонентов и внешние условия (давление и температура).

По мере смещения КРТ образуется зона пожара. Образование зоны пожара начинается с воспламенения небольшого количества топлива, сопровождающегося выделением соответствующей энергии. В результате расширения продуктов сгорания давление в течение нескольких миллисекунд понижается, однако топливо продолжает поступать в зону воспламенения и сгорать там при давлении окружающей среды или близком к нему. Вначале зона пожара имеет полусферическую форму однако по мере того, как на горячие газы начинают действовать выталкивающие силы, зона пожара начинает подниматься и ее форма приближается к сферической. После того как основная часть топлива прореагирует, скорость радиального расширения уменьшается, основную роль начинают играть выталкивающие силы, причем они могут вызвать отрыв зоны пожара от поверхности земли. После этого под воздействием конвективных токов и сил сопротивления зона пожара может принять грибовидную форму.

КРТ взаимодействует очень активно, с самовоспламенением, с периодом задержки 0,004 с. (при 20°C). Пары этих компонентов, при достаточной их концентрации, также могут самовоспламеняться уже при обычных температурах (выше 15°C).

Пожар КРТ сопровождается в результате неполного горения выделением токсичных веществ (окислами азота, окисью углерода). Однако воздействия от таких поражающих факторов пожара как искры, продукты горения, недостаток кислорода и т.д. – по сравнению с воздействием теплового излучения несоизмеримо малы.

При этом определенной степени воздействия тепловых потоков на людей соответствует определенный индекс дозы теплового излучения /25/. В связи с этим при воздействии тепловых потоков на человека различают 6 зон опасности (Таблица 2.3-2).

Таблица 2.3-2 Зоны опасного воздействия тепловых потоков на человека

Номер зоны поражения, i	0	1	2	3	4	5
Последствия для людей	100% погибших	99% погибших	50% погибших	1% погибших	ожоги III степени	ожоги II степени
Индекс дозы теплового излучения от «огневого шара», J_i , Вт/м ³	более $6,7 \cdot 10^7$	$6,5 \cdot 10^7$	$2,3 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$	$5,5 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^5$
Индекс дозы теплового излучения от «пожара разлития», J_i^* , Вт/м ³	более $6,7 \cdot 10^7$	$6,5 \cdot 10^7$	$2,3 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$	$9,5 \cdot 10^5$	$6,5 \cdot 10^5$

В качестве наиболее неблагоприятной ситуации рассматривалась гипотетическая аварийная ситуация - разрушение баков 1-й и 2-й ступеней изделия комплекса «128» в районе расположения стартового комплекса.

При температуре окружающего воздуха более 25°C из-за значительного испарения образовавшегося горящего разлития и вовлечения в этот процесс большей части топлива (порядка 80% от пролитой массы топлива) наиболее вероятно образование «огневой полусферы», которая быстро трансформируется в «огневой шар». В динамике «огневой шар» можно представить, как сферическое «тепловое» образование, состоящее из горючих газов в верхней его части и вовлеченного воздуха в нижней. Тепловое излучение «огневых шаров» при проливах жидких ракетных топлив может достигать значений более 260 кВт/м².

Масштабы поражения от воздействия «огневого шара» при пожаре КРТ для изделия комплекса «128», полученные в результате моделирования совместных проливов КРТ, приведены в таблице (Таблица 2.3-3).

Таблица 2.3-3 Масштабы поражения от воздействия «огневого шара» при проливе КРТ комплекса «128»

Номер зоны	Диаметр зоны поражения, м	Процент погибших на данном расстоянии
R ₀	124,6	100
R ₁	199,9	99
R ₂	293,1	50
R ₃	408,4	1
R ₄	1200,7	Ожоги 3 степени
R ₅	1473,2	Ожоги 2 степени

При температуре окружающего воздуха ниже 5°С наиболее вероятным сценарием развития подобной аварии будет образование «пожара разлития». Масштабы поражения от воздействия «пожара разлития» при проливе КРТ приведены в таблице (Таблица 2.3-4). Как показывают расчеты, наиболее неблагоприятным исходом развития рассматриваемой аварийной ситуации является возникновение «огневого шара», площадь поражения от которого почти в 65 раз больше, чем зона поражения от «пожара разлития».

Таблица 2.3-4 Масштабы поражения от воздействия «пожара разлития» при проливе КРТ 1-й и 2-й ступеней

Номер зоны	Диаметр зоны поражения, м	Расстояние от поверхности факела, м	Процент погибших на данном расстоянии
0	21,1*	-	100
1	78,8	57,7	99
2	104,0	82,9	50
3	121,3	100,2	1
4	184,5	163,4	Ожоги 3 степени
5	193,0	171,9	Ожоги 2 степени

Примечание: *- диаметр очага «пожара разлития» КРТ, площадь разлития 1735 м²

Обобщенные данные по максимальным размерам зон поражения при пожаре изделия в зависимости от времени АД представлены в таблице (Таблица 2.3-5). Максимальный размер зон поражения соответствует зоне поражения № 5 (Таблица 2.3-2).

Таблица 2.3-5 Зоны поражения от пожара при падении изделия по аварийной трассе полета изделия

t	R ₁ /R ₂
сек	м
0,0	193 / 1473
20,0	177 / 1355
30,0	163 / 1246
40,0	147 / 1127
50,0	131 / 1009
60,0	117 / 902
70,0	103 / 793
80,0	89 / 684
90,0	75 / 574
100,0	61 / 464
110,0	46 / 353

t – момент аварии,

R_1/R_2 – максимальный диаметр зоны поражения при пожаре, в числителе – радиус зоны поражения при «пожаре разлития» (в холодный период года), в знаменателе – зоны поражения при «огневом шаре» (в теплый период года).

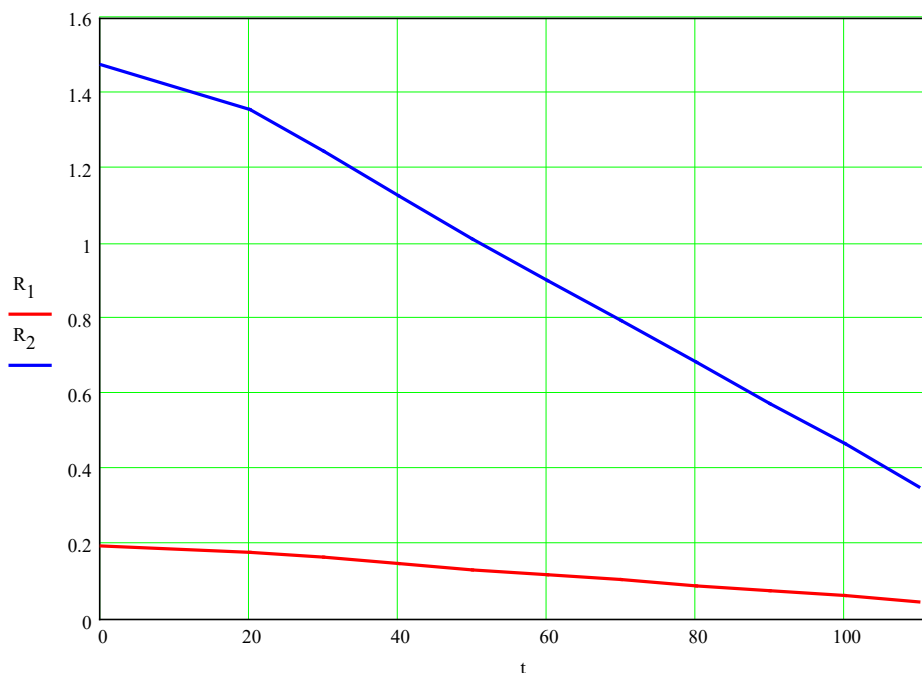


Рисунок 2.3-8 Максимальный диаметр (км) зоны поражения при пожаре в зависимости от времени аварии

2.3.4 Поражающие факторы от токсичного воздействия при падении на землю РН с остатками топлива

В соответствии с результатами раздела 2.2 рассмотрены следующие расчетные случаи для оценки размеров зон поражения от токсичного воздействия продуктами испарения:

1. При аварии на участке 0-100 с полета наиболее вероятным является падение и взрыв целого изделия (0-20 с) или раздельное падение и взрыв не разрушенных ОЧ1 и второй ступени (20-100 с). Возможен пролив и испарение относительно не больших количеств, не прореагировавших КРТ.

2. При аварии на участке 100-130 с полета возможно падение неразрушенного бака окислителя второй ступени. Данный участок трассы приходится на акватории Баренцева и Карского морей. В зависимости от состояния ледовой обстановки бак либо затонет, либо упадет на лед. В последнем случае возможно образование пролива и впитывание окислителя в снег. Испарение в атмосферу затруднено вследствие низких температур.

При первом расчетном случае в результате удара о землю аварийного изделия комплекса «128» и разрушения баков до ~80-90 % КРТ смешиваются и реагируют друг с другом (при взрыве и/или пожаре). Оставшиеся ~20-10 % КРТ испаряются в воздух и/или попадают в поверхностные слои грунта (на глубину в пределах до 1,5 м) в зоне горения, подвергаясь при этом действию высоких температур.

Учитывая действие экстремально высоких температур при взрыве и пожаре можно прогнозировать также и высокую скорость испарения КРТ при проливе вблизи точки падения изделия. В связи с этим выброс паров КРТ в приземный слой атмосферы можно рассматривать как залповый. Таким образом, для первого расчетного случая вполне обосновано использование экспресс – методики, основанной на Гауссовой модели для мгновенного источника.

Размеры зон заражения токсичными КРТ приземного слоя (ПС) атмосферы рассчитывались для значений концентрации, соответствующих определенной степени поражения человека для данного вещества (Таблица 2.3-6). Этим зонам поставлены уровни допустимого (приемлемого) риска реализации данной степени поражения человека с учетом рекомендаций, приведенных в таблице (Таблица 1.6-1).

Таблица 2.3-6 Характерные зоны опасного поражения человека КРТ /26, 27, 28, 29/

№	Обозначение зоны	Уровень приемлемого риска	Характеристика опасного поражения
1.	R ₁	>10 ⁻¹	АПВ при времени экспозиции 24 часа
2.	R ₂		АПВ при времени экспозиции 8 часов
3.	R ₃		АПВ при времени экспозиции 4 часа
4.	R ₄		АПВ при времени экспозиции 1 час
5.	R ₅		ПДК рабочей зоны
6.	R ₆	10 ⁻¹ - 10 ⁻²	Пороговая токсодоза при времени экспозиции 4 часа
7.	R ₇		Поражение человека легкой степени с вероятностью 0.01 при времени экспозиции 5 мин.
8.	R ₈		Поражению легкой степени с вероятностью 0.5 при времени экспозиции 5 мин.

9.	R ₉	10 ⁻³ - 10 ⁻⁴	Поражению средней тяжести с вероятностью 0,5 при времени экспозиции 5 мин.
10.	R ₁₀	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵	Тяжелое поражение с вероятностью 0,5 при времени экспозиции 5 мин.
11.	R ₁₁	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁶	Смерть человека с вероятностью 0,5 при времени экспозиции 5 мин.

АПВ - аварийный предел воздействия.

Таблица 2.3-7 Концентрация, время экспозиции и токсодоза для различных зон поражения человека КРТ

№	Зона	Концентрация, мг/м ³		Время экспозиции, мин	Токсодоза, мг·мин/м ³		Токсодоза, мг·с/м ³	
		горючее	окислитель		горючее	окислитель	горючее	окислитель
1.	R ₁	0.005	0.100	1440	7.2	144.0	432.0	8640.0
2.	R ₂	0.007	0.140	480	3.4	67.2	201.6	4032.0
3.	R ₃	0.020	0.400	240	4.8	96.0	288.0	5760.0
4.	R ₄	0.06	1.20	60	3.6	72.0	216.0	4320.0
5.	R ₅	0.10	2.00	480	48.0	960.0	2880.0	57600.0
6.	R ₆	0.90	6.20	240	216.0	1488.0	12960.0	89280.0
7.	R ₇	7.70	53.0	5	38.5	265.0	2310.0	15900.0
8.	R ₈	42.0	290.0	5	210.0	1450.0	12600.0	87000.0
9.	R ₉	216.0	813.0	5	1080.0	4065.0	64800.0	243900.0
10.	R ₁₀	330.0	1120.0	5	1650.0	5600.0	99000.0	336000.0
11.	R ₁₁	490.0	1600.0	5	2450.0	8000.0	147000.0	480000.0

1) Примечание: гигиенические нормативы аварийных пределов воздействия (АПВ) для горючего приведены в соответствии с нормативным документом /29/, для окислителя приведены оценки АПВ исходя из соотношения ПДК рабочей зоны горючего и окислителя (~1:20).

Оценки максимальных размеров круговых зон для различных степеней токсичного поражения при залповом испарении КРТ, при средних атмосферных условиях (класс устойчивости по Пасквиллу - С), без учета оседания и вымывания примесей приведены на рисунках (Рисунок 2.3-9, обозначения соответствуют обозначениям, приведенным в таблице (Таблица 2.3-6).

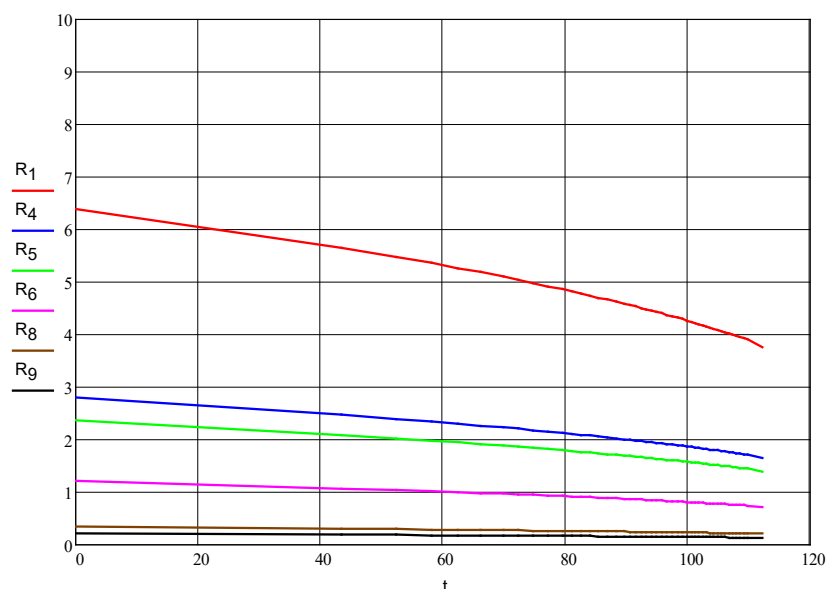


Рисунок 2.3-9 Оценки радиуса (км) круговых зон токсичного воздействия при мгновенном испарении ~10% массы остатков КРТ для различных уровней поражения

Таким образом, полностью безопасное расстояние (зона R₁—допустимая концентрация горючего 0.005 мг/м³ при времени экспозиции 24 часа), составляет ~6.5-3.5 км в случае аварии с падением и взрывом изделия (при испарении 10% КРТ).

Максимальный размер области с превышением ПДК рабочей зоны (зона R₅—допустимая концентрация горючего ~ 0.1 мг/м³, окислителя- 2.0 мг/м³), составляет соответственно ~2.4-1.4 км в случае аварии с падением и взрывом изделия (при испарении 10% КРТ).

Максимальный размер области с превышением ПДК, приводящей к летальному исходу (зона R₁₁ — допустимая концентрация горючего ~ 490 мг/м³, окислителя- 1600 мг/м³), составляет соответственно ~0.24-0.1 км в случае аварии с падением и взрывом изделия (при испарении 10% КРТ).

3 Расчет вероятностей аварий изделия комплекса «128» на характерных участках полета на основе анализа статистики отказов отечественных носителей на ЖРД

3.1 Анализ распределения отказов изделия по времени полета с учетом статистики аварий отечественных носителей на ЖРД

Как показывает опыт отечественной и зарубежной космонавтики, определенная вероятность отказов носителей в полете объективно существует, независимо от типа носителя (размерности, числа ступеней, схемы полета и т.п.) и уровня ее отработанности - аварии происходят как при первых пусках конкретного типа носителя, так и после десятков и сотен ее успешных пусков. Анализ статистических данных по авариям отечественных носителей в полете за период 1967г ÷ 2020г /18/ показывают следующее:

а) Отказы различных систем, приводящие к аварии изделия комплекса «128», с определенной вероятностью, независимо от уровня отработанности изделия комплекса «128», могут возникнуть практически на любом отрезке активного участка. Это приводит к определенной вероятности падения аварийных изделий на любом участке по трассе полета.

б) Характер распределения отказов по времени работы первых и последующих ступеней различается несущественно: наибольшее количество в начале и конце работы, некоторое увеличение в сравнении со средним количеством отказов в конце первой половины времени работы ступени (Таблица 3.1-1). Это позволяет принять закон распределения отказов по времени работы одинаковым для всех ступеней.

в) Можно говорить о примерно равной статистической вероятности отказа каждой ступени в составе изделия.

г) При указанном распределении отказов по времени работы ступеней и РН вероятность падения аварийных изделий должна иметь повышенные значения (в сравнении со средними по трассе) вблизи зон расположения районов падения отработавших ступеней.

Полученным статистическим зависимостям плотности распределения отказов по времени работы ступени может быть дано объяснение с точки зрения физической сущности явления:

- максимум отказов в начале работы объясняется началом функционирования большинства систем изделия, их выходом на расчетные режимы работы, началом комплексного взаимодействия и взаимовлияния систем и агрегатов и т.п. (для верхних ступеней, кроме того - запуском маршевых ДУ в полетных условиях);
- некоторое возрастание количества отказов в конце первой половины времени работы ступени - последствия невыявленных (скрытых) дефектов в изготовлении, в расчетных схемах взаимодействия систем и агрегатов, прохождения участка максимальных скоростных напоров (для первых ступеней);
- возрастание числа отказов в конце работы ступени – следствие изменения режимов функционирования агрегатов и систем, преждевременного окончания компонентов топлива, отказов средств разделения и т.п.

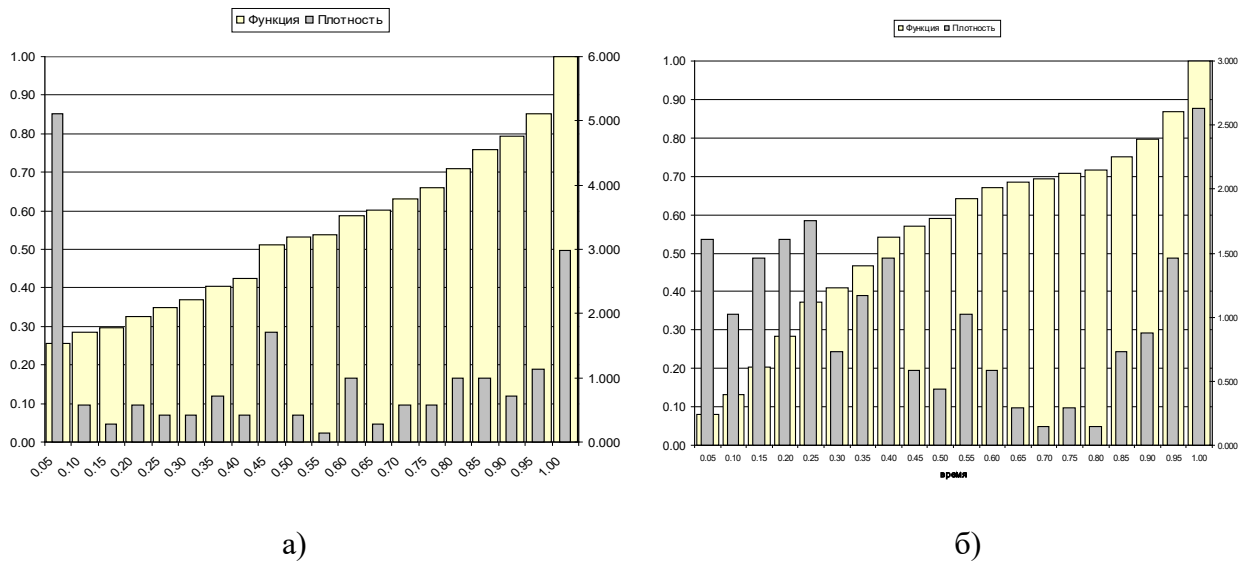


Рисунок 3.1-1 Статистические плотность и функция распределения отказов по интервалам относительного времени полета «типовой» ступени изделия (а) и носителя в целом (б)

Таблица 3.1-1 Распределение числа отказов по интервалам относительного времени полета (для «типовой» ступени изделия)

№	Интервал	Число отказов	Частота
1.	0.00 < t < 0,05	36	0.255319
2.	0.05 < t < 0.10	4	0.028369
3.	0.10 < t < 0.15	2	0.014184
4.	0.15 < t < 0.20	4	0.028369
5.	0.20 < t < 0.25	3	0.021277
6.	0.25 < t < 0.30	3	0.021277
7.	0.30 < t < 0.35	5	0.035461
8.	0.35 < t < 0.40	3	0.021277
9.	0.40 < t < 0.45	12	0.085106
10.	0.45 < t < 0.50	3	0.021277
11.	0.50 < t < 0.55	1	0.007092
12.	0.55 < t < 0.60	7	0.049645
13.	0.60 < t < 0.65	2	0.014184
14.	0.65 < t < 0.70	4	0.028369
15.	0.70 < t < 0.75	4	0.028369
16.	0.75 < t < 0.80	7	0.049645
17.	0.80 < t < 0.85	7	0.049645
18.	0.85 < t < 0.90	5	0.035461
19.	0.90 < t < 0.95	8	0.056738
20.	0.95 < t < 1.00	21	0.148936
	ИТОГО	141	1.000

При разработке расчетной модели распределения отказов по времени полета для эксплуатируемых носителей (в особенности для ракет, имеющих значительную статистику пусков) представляется целесообразным проведение специального анализа статистических данных по аварийным пускам данной изделия (и ее прототипов, модификаций) с использованием отраслевых нормативных документов. Для изделия, не имеющих достаточной статистики пусков, могут быть использованы приведенные выше данные.

3.2 Анализ сценариев развития возможных аварий изделия комплекса «128» по опыту пусков ракеты-носителя типа «Днепр»

За время эксплуатации проведено около 22 пуска РН «Днепр» и 175 пусков носителей «Днепр» и его аналогов. По результатам анализа статистики отказов сценарии развития аварий в результате отказов изделия комплекса «128» подобного типа можно свести к трем наиболее характерным случаям:

– отказ, мгновенно развивающийся в аварию вследствие разрушения силовых элементов конструкции, не запуска/разрушения маршевых двигателей ступеней, не разделения ступеней. В этом случае падение изделия происходит по трассе полета;

– прекращение управляемого полета вследствие отказов СУ, гидроприводов, одного или более двигательного блока маршевого двигателя первой ступени, одной или более камер рулевого двигателя второй ступени, двигателя разгонной ступени. При этом неуправляемый полет осуществляется до момента замыкания концевых контактов ГСП (в этот момент выдается команда АВД). После аварийного выключения двигателей происходит падение изделия внутри «коридора», ограниченного предельным случаем ухода изделия от номинальной трассы полета;

– преждевременное выключение двигателей из-за выработки одного из компонентов топлива или по другим причинам. В таких случаях падение изделия происходит по трассе полета вне штатных отведенных зон падения отделяющихся частей.

Большинство отказов происходит по причине прекращения управляемого полета вследствие отказов СУ (потеря устойчивости), что может привести к падению изделия внутри «коридора», ограниченного предельным случаем ухода изделия от трассы полета.

По результатам эксплуатации изделия «Днепр» значения вероятностей безотказной работы ступеней отработанного комплекса «128» оцениваются на уровне: $P_1 = 0,981$, $P_2 = 0,995$, $P_3 = 0,989$ /20/. Таким образом, вероятность безотказной работы на этапе полета 1 и 2 ступеней составит $P_{1+2} \sim P_1 \cdot P_2 = 0,981 \cdot 0,995 = 0,976$.

Результаты статистического анализа аварийных пусков ракет и ракет-носителей, разработанных ГKB «Южное», показали /20/, что для первой ступени ракет на первые 5% времени полета приходится примерно 25% отказов, на последние 15% времени полета – около 20%, остальные 55% отказов распределены

лись на оставшемся интервале времени полета ступени. Для второй ступени ракет на первые 5% времени полета приходится примерно 30% отказов, на последние 15% времени полета – около 40%, остальные 30% отказов распределились на оставшемся интервале времени полета ступени. Для ОЧЗ изделия на первые 5% времени полета приходится примерно 30% отказов, на следующие 25% времени полета – около 40%, остальные 30% отказов распределились на оставшемся интервале времени полета ступени.

В целом распределение вероятности отказов носителя «Днепр» по времени полета схоже с распределением для всей совокупности жидкостных носителей. Выявленные закономерности являются общими для носителей на ЖРД, что позволяет обосновано применить их к разрабатываемому изделию.

3.3 Оценка вероятности возникновения отказов изделия комплекса «128» по времени полета

Полет изделия комплекса «128» рассматривается по периодам функционирования ступеней. Период функционирования каждой ступени разбивается на несколько характерных интервалов полета ступени. Вероятность отказа изделия комплекса «128» q_i на i -ом интервале времени полета соответствующей ступени определяется по формуле:

$$q_i = Q_{ст} \cdot a_i,$$

где $Q_{ст}$ – вероятность отказа ступени изделия комплекса «128»;

a_i – частота отказов на i -ом интервале, определяемая по статистике отказов изделий.

Вероятность отказа ступени комплекса «128» $Q_{ст} = 1 - P_{ст}$, где $P_{ст}$ – вероятность безотказной работы ступени изделия комплекса «128».

По результатам эксплуатации изделия «Днепр» /20/ значения вероятностей безотказной работы ступеней оцениваются на уровне: $P_1 = 0,981$, $P_2 = 0,995$, $P_3 = 0,989$. Таким образом, вероятность безотказной работы на этапе полета 1 и 2 ступеней составит $P_{1+2} \approx P_1 \cdot P_2 = 0,981 \cdot 0,995 = 0,976$. Соответственно, вероятность от-

каза на этапе полета первой и второй ступеней $\sim Q_{1+2}=0.024$. Вероятность безотказной работы на этапе полета 1, 2 и 3-ей ступеней составит $P_{1+2+3}=0.965$, вероятность отказа на этапе полета первой, второй и третьей ступеней $\sim Q_{1+2+3}=0.035$.

В соответствии «Методическими рекомендациями...» /18/ для определения вероятностей и плотностей распределения отказов по времени полета изделия для изделия новой разработки, не имеющих прототипов или имеющих существенные отличия от прототипов, рекомендуется использовать статистическую выборку по всей совокупности аварийных пусков жидкостных носителей.

В таблице (Таблица 3.3-1) приведены времена этапов полета ступеней изделия комплекса «128» и вероятности возникновения отказов на интервалах этапов полета, полученные с использованием статистического распределения для всех ракет (Таблица 3.1-1). На рисунке (Рисунок 3.1-1) приведен график плотности и функции распределения момента возникновения отказа.

Таблица 3.3-1 Значения вероятностей возникновения отказов по интервалам полета комплекса «128»

№ пп	t, с	dt, с	Ротк.инт.	Ротк.абс	Ft, 1/с	ступень
1	0.00	0.00	0.000000	0.000000	4.40E-04	старт
2	10.79	10.79	0.004750	0.004750	1.21E-04	1 ступень
3	97.11	86.32	0.010450	0.015200	3.52E-04	1 ступень
4	107.90	10.79	0.003800	0.019000	2.22E-04	1 ступень
5	113.52	5.62	0.001250	0.020250	6.12E-05	2 ступень
6	158.48	44.96	0.002750	0.023000	1.78E-04	2 ступень
7	164.10	5.62	0.001000	0.024000	7.05E-03	2 ступень
8	164.49	0.39	0.002750	0.026750	1.94E-03	АБР
9	167.61	3.12	0.006050	0.032800	5.64E-03	АБР
10	168.00	0.39	0.002200	0.035000	0.00E+00	АБР
		168.00	0.035000			

i – номер интервала,

t, с – граница интервала по времени,

q_i – вероятность отказа на интервале,

Q_{отказа, i} – вероятность отказа нарастающим итогом,

f_t, 1/с – плотность распределения отказов по времени.

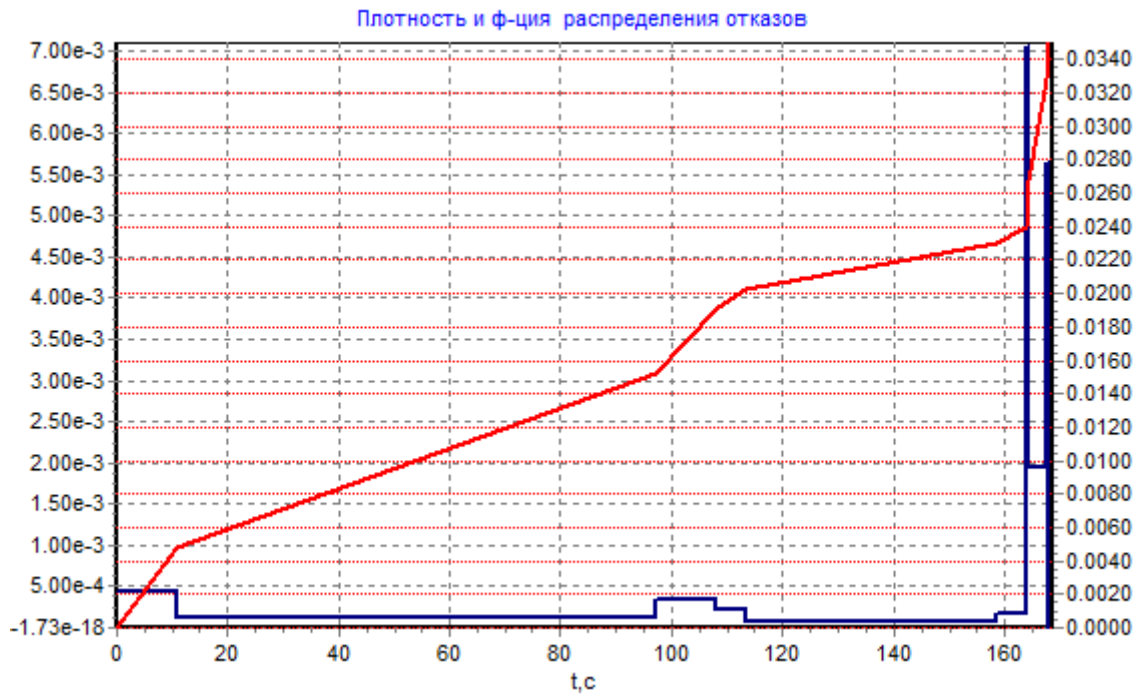


Рисунок 3.3-1 График плотности и функции распределения момента времени возникновения отказа изделия комплекса «128»

4 Анализ безопасности трассы пуска № 5

4.1 Схемы прохождения трасс

Схемы прохождения трасс по территории РФ приведены на рисунках (Рисунок 4.1-1-Рисунок 4.1-3). Проведение ЛИ изделия комплекса «128» при пуске № 5 планируется с космодрома «Плесецк» по трассе с базовым наклоном 75° . Протяжённость трассы на территории РФ для трассы № 5 составляет примерно 5880 км. В том числе, сухопутная часть трассы составляет 3665 км. Значительная часть трассы приходится на акваторию Тихого океана.

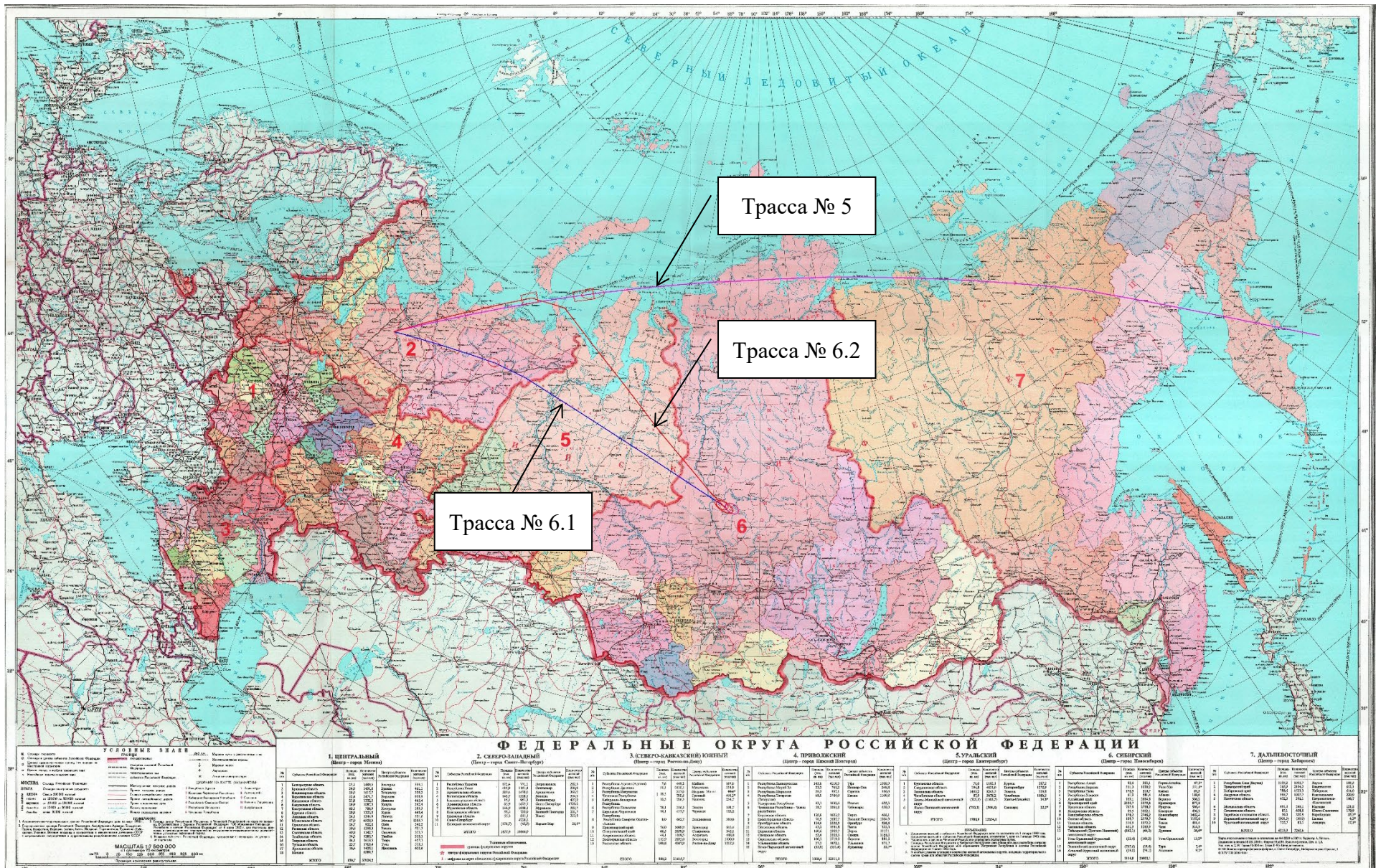


Рисунок 4.1-1 Прохождение трасс изделия «128» на административной карте РФ для пусков № 5, 6 (вариант 1) и 6 (вариант 2)



Рисунок 4.1-2 Прохождение трасс на физической карте РФ

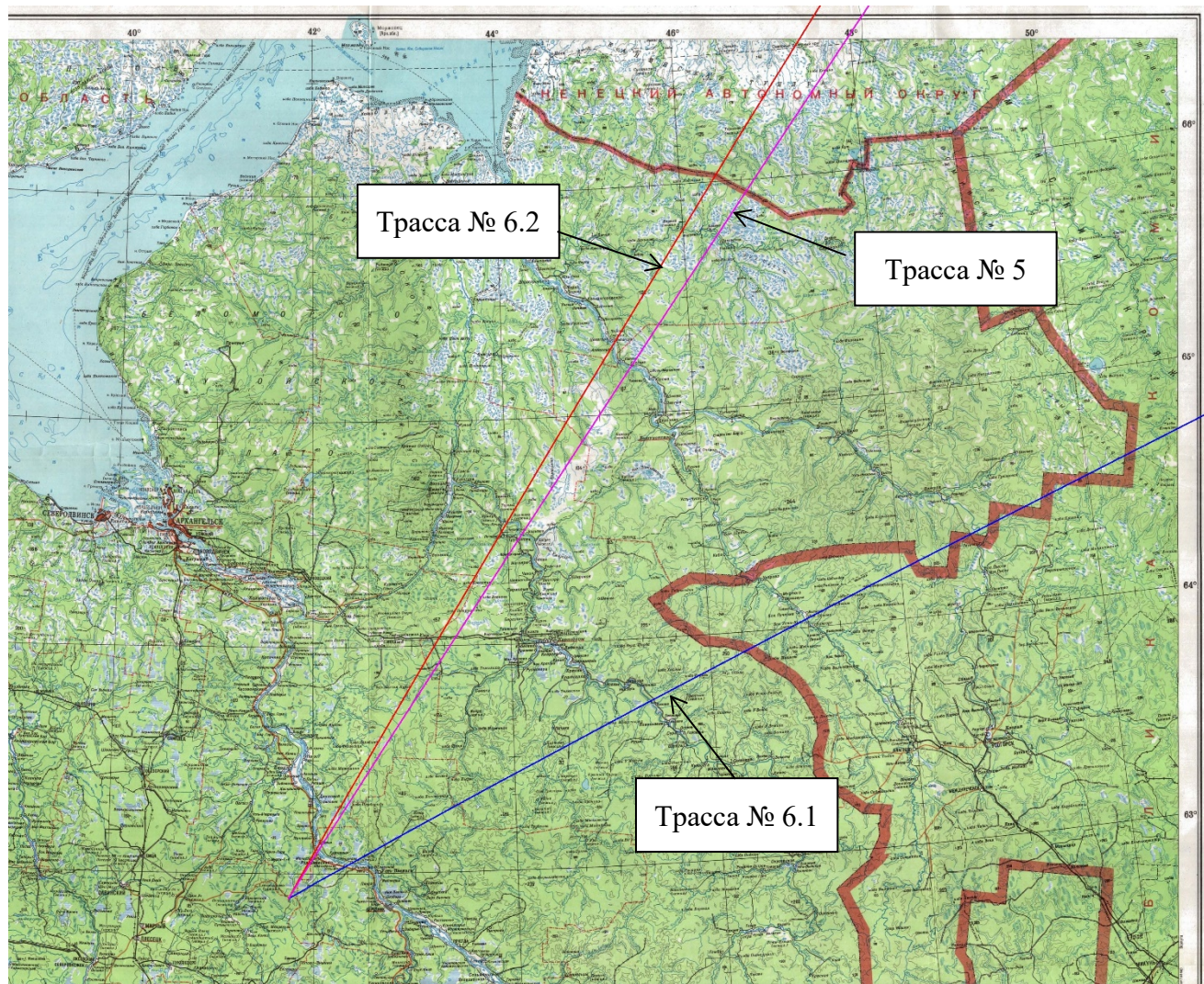


Рисунок 4.1-3 Прохождение начальных участков трасс на карте Архангельской области

4.2 Расчет вероятностей падения аварийного изделия комплекса «128» на характерные участки трассы № 5

На основании расчета вероятностей аварий изделия комплекса «128» на характерных участках времени полета (раздел 3, Рисунок 3.3-1), зависимости дальности падения изделия комплекса «128» от времени отказа (Рисунок 4.2-1) и зависимостей бокового и продольного разбросов от дальности падения аварийного изделия комплекса «128» (Рисунок 4.2-2), получены оценки плотностей распределения точек падения изделия комплекса «128» при аварии (Рисунок 4.2-3) по аварийной зоне трассы пуска.

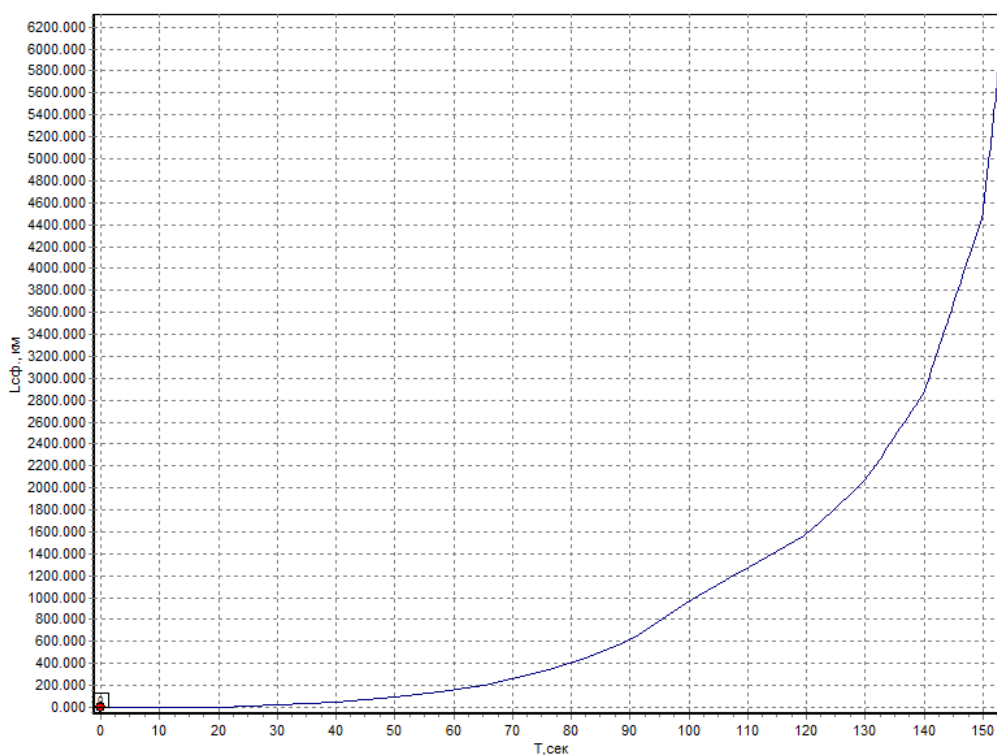


Рисунок 4.2-1 Зависимость дальности падения аварийного изделия комплекса «128» от времени отказа

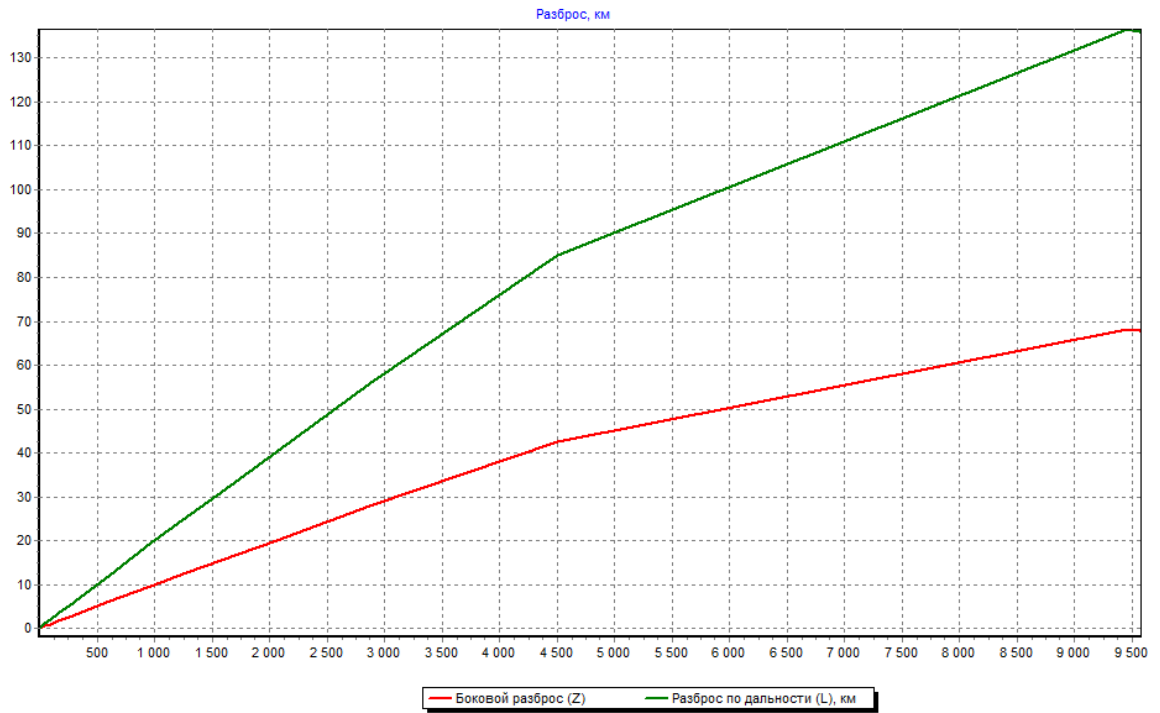


Рисунок 4.2-2 Зависимость бокового и продольного разбросов от дальности падения аварийного изделия комплекса «128»

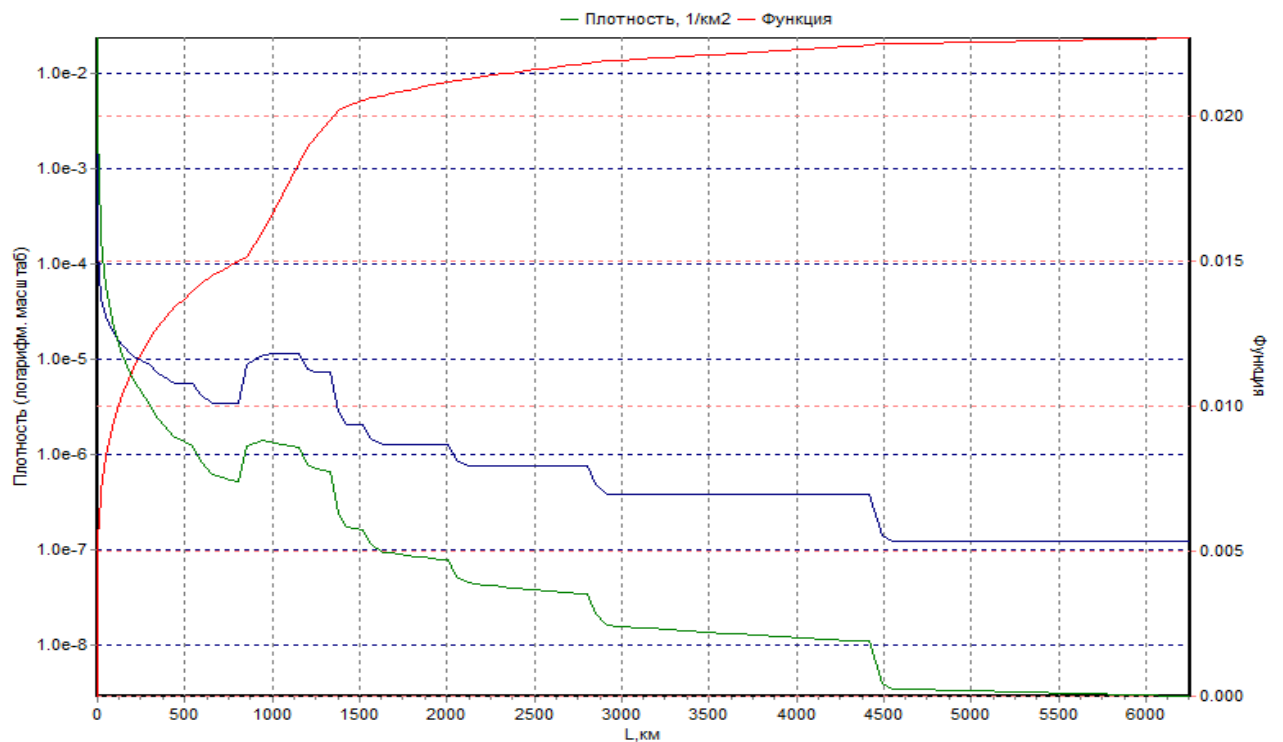


Рисунок 4.2-3 Функция (красная линия) и плотность (синяя линия) распределения дальностей падения аварийного изделия комплекса «128», максимальная плотность распределения точек падения по площади вдоль трассы при нулевом боковом отклонении (зеленая линия)

Аварийная зона трассы № 5 пересекает сухопутные территории 24-ти административных районов семи субъектов РФ – Архангельской области, Ненецкого АО, Ямало-Ненецкого АО, Красноярского края, Республики Саха (Якутия), Магаданской области, Камчатского края.

Площадь суши составляет ~61% от общей площади аварийной зоны трассы (без учета участка трассы, проходящей по акватории Тихого океана), остальная площадь занята поверхностью морей: Баренцевого, Карского, Лаптевых, Охотского.

В таблице (Таблица 4.2-1) представлены перечни областей и районов РФ, расположенных в аварийной зоне трассы, и оценки вероятности падения комплекса «128» на их территории при аварии. Вероятность падения аварийного комплекса «128» при одном пуске на сухопутную территорию РФ оценивается величиной $\sim 1.4 \cdot 10^{-2}$.

Относительное распределение вероятности падения аварийного комплекса «128» по территориям субъектов РФ составляет (Таблица 4.2-1): Архангельская область ~30% всех отказов, Ненецкий А.О. ~5.7% , Красноярский край ~1.6%, Республика Саха (Якутия) ~ 1.1%, Магаданская обл. ~ 0.15%, Камчатский край ~0.13%.

Наибольшие вероятности падения приходятся на Холмогорский, Пинежский, Плесецкий районы Архангельской области, Ненецкий А.О. (Таблица 4.2-1). Плотность населения для указанных районов, как и в целом для трассы, низкая и не превышает ~ 1.8 чел/км², что создает предпосылки для обеспечения приемлемых уровней безопасности для населения.

Таким образом, потенциально наиболее опасные участки трассы № 5 расположены на территории Архангельской области вблизи точки старта.

Таблица 4.2-1 Перечень субъектов РФ и районов РФ в зоне возможного падения аварийного изделия комплекса «128» для трассы № 5. Оценка вероятности падения РН на их территорию

№	Субъект РФ	район	S, кв.км	P	P, %	Q чел/км ²
1	Архангельская обл.	Плесецкий	0.2	1.2E-03	3.43%	1.799
2		Виноградовский	15.5	9.9E-04	2.83%	1.351
3		Холмогорский	189.6	5.5E-03	15.71%	1.488
4		Пинежский	569.4	1.6E-03	4.57%	0.847
5		Лешуконский	437.2	6.7E-04	1.91%	0.286
6		Мезенский	597.5	5.1E-04	1.46%	0.297
	Архангельская обл.	Итого	1809.4	1.0E-02	29.91%	
7	Ненецкий А.О.	Ненецкий А.О.	5228.1	2.0E-03	5.71%	0.155
8	Ямало-Ненецкий А.О.	Ямальский	1512.9	7.3E-05	0.21%	0.139
9	Красноярский край	Диксонский	19237.7	0.91%	0.91%	0.003
10		Хатангский	17295.0	0.66%	0.66%	0.018
	Красноярский край	Итого	36532.7	1.57%	1.57%	
11	Республика Саха (Якутия)	Анабарский-Национальный	465.3	7.6E-07	0.00%	0.064
12		Булунский	12391.6	7.6E-05	0.22%	0.040
13		Усть-Янский	23274.9	1.2E-04	0.34%	0.053
14		Аллайховский	2932.0	9.0E-06	0.03%	0.030
15		Абыйский	24267.2	1.2E-04	0.34%	0.063
16		Среднеколымский	273.4	3.8E-07	0.00%	0.075
17		Момский Национальный	2685.8	6.4E-06	0.02%	0.043
18		Верхнеколымский	28790.2	5.7E-05	0.16%	0.070
	Республика Саха (Якутия)	Итого	95080.4	3.9E-04	1.11%	
19	Магаданская обл.	Среднеканский	19152.7	2.8E-05	0.08%	0.036
20		Омсукчанский	17337.8	2.3E-05	0.07%	0.092
21		Северо-Эвенский	2008.4	1.6E-06	0.00%	0.026
	Магаданская обл.	Итого	38499.0	5.3E-05	0.15%	
22	Камчатский край	Тигильский	10933.6	1.4E-05	0.04%	0.066
23		Карагинский	9110.9	1.2E-05	0.03%	0.100
24		Усть-Камчатский	15728.4	1.9E-05	0.05%	0.485
	Камчатский край	Итого	35772.9	4.5E-05	0.13%	
	Общий итог		214435.4	1.4E-02	38.80%	

Обозначения:

S, км² – площадь пересечения аварийной зоны трассы и административного региона,

P, P% – вероятность и относительная вероятность падения на территорию,

Q чел/км² – средняя по региону плотность населения.

4.3 Оценка показателей риска для населения, проживающего вдоль трассы пуска № 5 и вблизи РП ОЧ

4.3.1 Оценка потенциальных рисков по трассе пуска №5

Как было показано ранее (раздел 1.6), критерии допустимого уровня риска, рекомендуемые МЧС, зависят от социального ущерба при реализации опасности (Таблица 1.6-1). В свою очередь каждому социальному ущербу соответствуют определенные размеры зон различных поражающих факторов (раздел 1.6). Максимальному причиняемому социальному ущербу, выражающемуся в гибели более одного человека и наличии серьезно пострадавших, соответствует минимальное (наиболее «жесткое») значение критерия допустимого уровня риска $\sim 10^{-5}$ – 10^{-6} . Ниже в таблице приведены результаты оценок размеров зон поражения для различных поражающих факторов для данного социального ущерба (Таблица 4.3-1).

На рисунке (Рисунок 4.3-1) показаны максимальные вероятности попадания в зону поражения аварийного изделия комплекса «128» при единичном пуске для человека, находящегося непосредственно на трассе пуска (нулевое боковое отклонение), соответствующие наиболее «жесткому» критерию допустимого риска, в зависимости от времени отказа и дальности по трассе.

Как видно из рисунков максимальные риски для человека, находящегося непосредственно на трассе пуска, достигаются вблизи точки старта и вблизи РП первой ступени. Максимальные вероятности попадания человека в зону концентрации продуктов испарения компонентов КРТ, соответствующие смерти с вероятностью 0,5 при времени экспозиции 5 мин., составляют: вблизи точки старта $\sim 8 \cdot 10^{-4}$, на удалении ~ 20 км $\sim 2 \cdot 10^{-5}$.

Вероятности попадания в зону поражения взрывной волной (гибель и травмы людей на открытой местности и в зданиях) составляют соответственно $\sim 4 \cdot 10^{-4}$ и $1 \cdot 10^{-5}$.

Максимальная вероятность гибели людей от попадания фрагментов не превышает вблизи старта величины $\sim 2 \cdot 10^{-5}$.

Для участков работы второй и третьей ступеней наиболее вероятными являются риски поражения фрагментами разрушенного изделия комплекса «128», значения которых не превышают порядка $1 \cdot 10^{-10}$.

Таблица 4.3-1 Оценки размеров зон поражения для наибольшего социального ущерба (гибель одного и более человек и наличие серьезно пострадавших)

Социальный ущерб	Уровень приемлемого риска	Фактор риска	Характеристика фактора риска	Величина фактора риска	Возможный ущерб	Оценка размера зоны поражения, м
Гибель более одного человека и наличие серьезно пострадавших	$10^{-5} - 10^{-6}$	Падение фрагментов аварийного изделия комплекса «128»	Размеры (м) и количество фрагментов	Менее 35 м, от 1 до 10 крупных фрагментов	Гибель человека	≤ 35
		Ударная взрывная волна при взрыве	Избыточное давление, кгс/см ²	≥ 0.65	Гибель людей на открытой местности, в зданиях	220 - 160
		Тепловое излучение при пожаре	доза теплового излучения, Вт/м ³	$6,5 \cdot 10^7$	99% погибших	150-35
		Токсичное заражение атмосферы	Токсодоза, мг·мин/м ³ Концентрация, мг/м ³	горючего - 2450.0, окислителя- <u>8000.0</u> горючего -490, окислителя- 1600	Смерть человека с вероятностью 0,5 при времени экспозиции 5 мин	300-182

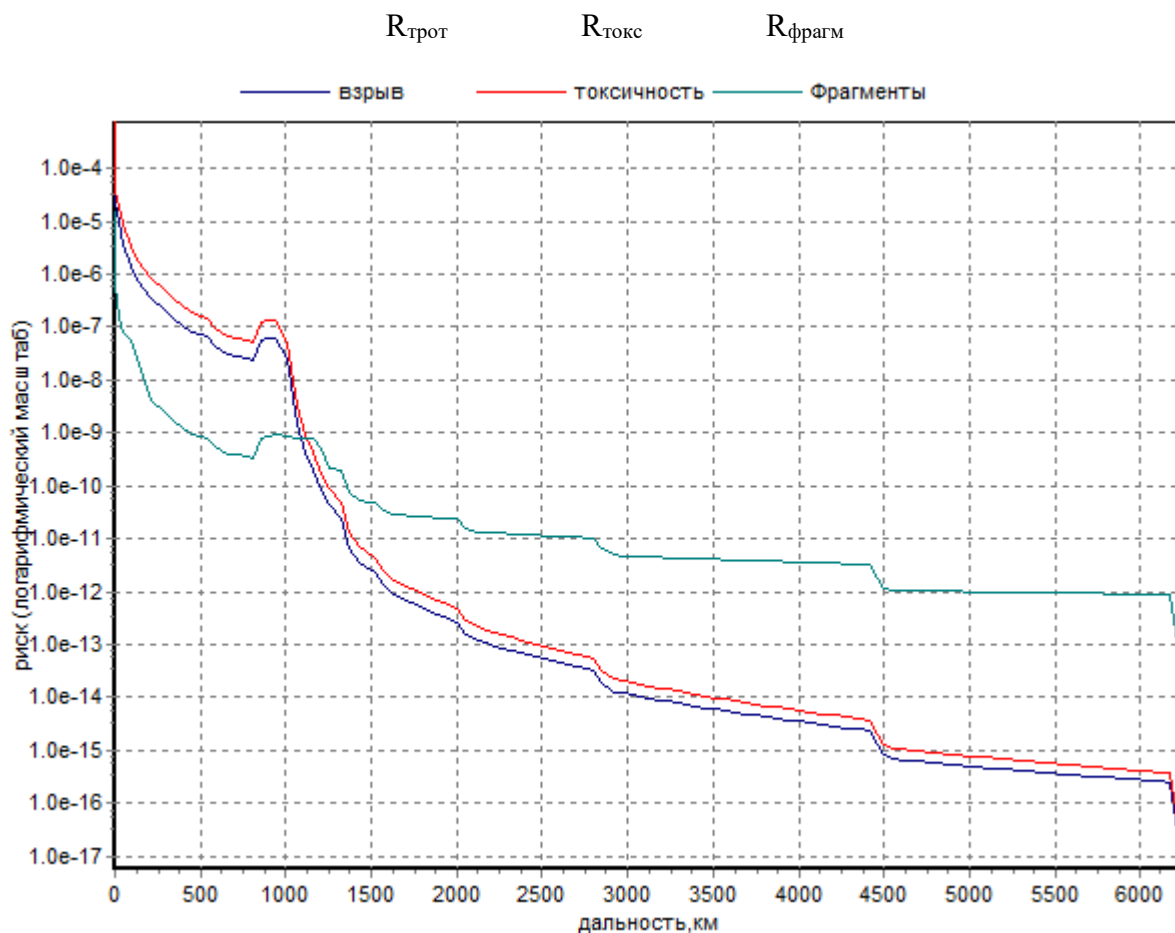


Рисунок 4.3-1 Максимальная вероятность попадания в зону поражения аварийного изделия комплекса «128» при единичном пуске для человека, находящегося непосредственно на трассе пуска (нулевое боковое отклонение) для следующих поражающих факторов:

$R_{\text{трот}}$ – УВВ при наземном взрыве, $R_{\text{фрагм}}$ – фрагменты изделия комплекса «128», $R_{\text{токс}}$ – продукты испарения.

Уровень риска более $\sim 1 \cdot 10^{-5}$ для всех поражающих факторов превышает только на удалении до ~ 20 км от точки старта. Таким образом, максимальная вероятность гибели или причинения существенного ущерба здоровью человеку вследствие аварии комплекса «128» на всем протяжении трассы, за исключением короткого начального участка, не превышает значения критерия приемлемого риска.

4.3.2 Оценка рисков в населенных пунктах по трассе пуска № 5

Приведенный выше анализ показал, что трасса пуска проходит по малонаселенным территориям, что создает предпосылки для обеспечения приемлемой безопасности населения при проведении пуска.

Всего в аварийную зону трасы попадает 22 жилых НП общей численностью ~19.460 тыс. человек. Из них 5 поселков городского типа с численностью 1.2-3.8 тыс. жителей, остальные НП – поселки сельского типа с численностью в основном менее 500 жителей. Наиболее близко к точке старта (215 км) находятся поселки сельского типа Пинежского района Архангельской области, расположенные вдоль реки Пинега. Всего в этих поселках проживает 17 человек.

В таблице (Таблица 4.3-2) представлен перечень НП, расположенных вдоль трассы пуска, и оценки рисков населения для различных факторов поражения. По фактору поражения фрагментами аварийного комплекса «128» риски населения не превышают $1 \cdot 10^{-7}$. По фактору возможного поражения УВВ при взрыве ($\Delta p = 0.65 \text{ кг/см}^2$ -гибель людей на открытой местности, разрушение зданий) риски менее $\sim 3 \cdot 10^{-7}$.

Таким образом, риски для населения в соответствии с рекомендациями /4, Таблица 1.6-1/ по всем поражающим факторам находятся на приемлемом уровне и ниже.

При проведении пуска изделия комплекса «128» разработчиком и пускающей организацией должны быть предусмотрены меры по обеспечению безопасности в ближайших к ТС и трассе населенных пунктах с использованием специальных сил и средств Минобороны и МЧС. Для ликвидации последствий в случае аварийной ситуации предусмотрены средства нейтрализации проливов и фрагментов, детоксикации грунта, пожаротушения, эвакуации населения, индивидуальной защиты.

Таблица 4.3-2 Перечень НП, расположенных вдоль трассы пуска № 5, и оценки рисков для населения при одном пуске изделия комплекса «128»

№	Район	Наименование	Nтч	тип	t	Lтс,км	Zтр,км	Mт	Риск фр	Риск трот	Риск токс
	Архангельская обл.										
1	Пинежский	Чикинская	0.009	ПСТ	65.8	214.5	1.5	101.282	7.8E-09	5.3E-08	7.8E-08
2	Пинежский	Вальтево	0.008	ПСТ	66.0	216.5	2.0	101.045	1.0E-09	7.8E-09	1.1E-08
3	Лешуконский	Кеслома	0.055	ПСТ	74.3	314.8	1.1	89.627	1.1E-07	2.2E-07	2.9E-07
4	Мезенский	Баковская	0.029	ПСТ	79.0	387.3	3.1	83.255	2.3E-09	6.6E-09	9.0E-09
5	НЕНЕЦКИЙ А.О.	Верх.Пеша	0.134	ПСТ	85.2	507.6	2.2	74.721	8.6E-08	9.6E-08	1.2E-07
	Республика Саха (Якутия)										
6	Усть-Янский	Нижнеянск	0.233	ПГТ	145.5	3758.8	11.2	16.635	1.1E-09	1.1E-09	1.1E-09
7	Усть-Янский	Усть-Янск	0.273	ПСТ	145.7	3805.2	28.1	16.450	1.3E-10	1.7E-10	1.7E-10
8	Усть-Янский	Тумат	0.505	ПСТ	146.3	3895.5	19.9	16.089	9.4E-10	1.0E-09	1.0E-09
9	Абыйский	Дёску	0.053	ПСТ	148.3	4226.1	34.2	14.769	1.2E-11	3.1E-11	3.2E-11
10	Абыйский	Абый	0.494	ПСТ	148.4	4240.2	16.6	14.713	1.4E-09	1.6E-09	1.6E-09
11	Абыйский	Сутуруоха	0.425	ПСТ	148.5	4258.4	28.4	14.640	2.9E-10	3.3E-10	3.3E-10
12	Абыйский	Белая-Гора	2.074	ПГТ	148.5	4260.4	27.9	14.632	1.6E-09	8.2E-10	8.2E-10
13	Абыйский	Кенг-Кюёль	0.207	ПСТ	148.7	4292.6	14.3	14.503	7.4E-10	1.0E-09	1.1E-09
14	Верхнеколымский	Усун-Кюель	0.423	ПСТ	150.1	4565.3	8.5	13.588	6.9E-10	7.7E-10	7.7E-10
15	Верхнеколымский	Зырянка	2.860	ПГТ	150.3	4630.5	16.9	13.503	2.8E-09	1.4E-09	1.4E-09
16	Верхнеколымский	Верхнеколымск	0.347	ПСТ	150.3	4630.5	20.4	13.503	2.4E-10	2.9E-10	2.9E-10
17	Верхнеколымский	Нелемное	0.245	ПСТ	150.3	4658.7	24.7	13.466	1.1E-10	1.4E-10	1.4E-10
	Магаданская обл.										
18	Среднеканский	Балыгычан	0.006	ПСТ	150.8	4884.6	3.0	13.169	1.1E-11	1.1E-10	1.1E-10
19	Омсукчанский	Дукат	1.187	ПГТ	151.1	5043.9	27.8	12.959	4.0E-10	2.3E-10	2.3E-10
20	Омсукчанский	Омсукчан	3.648	ПГТ	151.1	5059.5	12.9	12.939	4.8E-09	2.3E-09	2.3E-09
	Камчатский край										
21	Тигильский	Палана	2.871	ПГТ	152.0	5504.1	1.3	12.354	5.1E-09	2.5E-09	2.5E-09
22	Усть-Камчатский	Усть-Камчатск	3.374	ПГТ	152.7	5855.0	1.0	11.893	1.3E-08	5.7E-09	5.7E-09
			19.460								

Обозначения:

t , с – номинальное время отказа,

$L_{тс}$, км - удаленность НП от точки старта,

$N_{тч}$ – численность населения, тыс.чел.,

$Z_{тр}$ – боковое удаление от трассы, км,

$M_{т}$ – масса остатков топлива, т,

Риск, фрагм. – вероятность поражения человека на территории НП фрагментом,

$P_{иск, трот}$ – вероятность попадания НП в зону поражения от УВВ,

$P_{иск, токс}$ – вероятность попадания НП в зону поражения от продуктов испарения КРТ.

4.3.3 Оценка показателей безопасности для природных, социально-экономических и прочих объектов по трассе пуска № 5

Крупные природные и социально-экономические объекты в аварийной зоне трассы пуска в основном представлены гидрографическими объектами (озерами и реками), заповедниками, менее крупные - железными и автодорогами, коммуникационными линиями, сельскохозяйственными объектами и др.

4.3.3.1 Гидрография

Всего по результатам картографического анализа найдено свыше 4400 полигональных гидрографических объектов (озера, водохранилища и другие искусственные водоемы, реки с постоянным водотоком, за исключением акватории морей), расположенных в АЗТ. Наиболее крупные гидрографические объекты с вероятностью падения на них более 10^{-6} приведены в таблице (Таблица 4.3-3).

Суммарная вероятность падения аварийного изделия комплекса «128» в гидрографические объекты (без акваторий морей) составляет $\sim 3 \cdot 10^{-4}$, в том числе расположенные на участке работы первой ступени $\sim 2 \cdot 10^{-4}$. Суммарная вероятность падения аварийного изделия комплекса «128» в акватории морей составляет $\sim 6.3 \cdot 10^{-3}$.

Падение в акватории гидрографических объектов на участке полета 1-ой ступени возможно без разрушения и взрыва изделия комплекса «128»,

вследствие чего возможно попадание компонентов КРТ в воду и ее загрязнение, объем которых зависит от дальности расположения. Наибольшая вероятность падения приходится на акваторию Ковозера (54 км от старта), причем запас КРТ при аварии на 40-45 с полета составит ~135 тонн. Вероятность такого события не превышает $8 \cdot 10^{-5}$, т.е является достаточно малой величиной. В соответствии с рекомендациями МЧС РФ /4, Таблица 1.6-2/ при значительном ущербе (более 500 000 тыс.руб.) данная вероятность может быть отнесена к уровню «жесткого контроля», при меньшем ущербе соответствует уровню «приемлемого риска».

Поскольку априори оценить возможный уровень принесенного ущерба при аварии такого типа достаточно сложно, то данный риск можно отнести к зоне «жесткого контроля».

Таблица 4.3-3 Вероятность попадания аварийного изделия комплекса «128» или его фрагментов в объекты гидрографической сети (трасса № 5, уровень риска более 10^{-6})

Лтс, км	S, кв.км	P	Mт	тип	наименование
0.1	0.0	7.7E-06	191.1	озера	Бол.Квандозеро
28.2	1.0	4.9E-05	146.5	реки постоянные	Сев.Двина
53.9	4.6	7.7E-05	134.8	озера	Ковозеро
93.6	0.6	5.7E-06	122.6	озера	
131.4	1.3	1.1E-05	114.7	озера	
139.3	0.4	3.2E-06	113.0	озера	
214.5	2.7	5.1E-06	101.3	реки постоянные	ПИНЕГА
244.3	0.6	2.7E-06	97.7	озера	
312.8	5.9	6.7E-06	89.8	реки постоянные	МЕЗЕНЬ
418.9	2.1	1.2E-06	80.8	озера	Дикое
626.8	2.7	1.8E-06	67.8	озера	
634.7	13.9	8.5E-06	67.4	озера	Корговое
640.7	11.8	7.8E-06	67.2	озера	Большое
646.6	1.9	1.3E-06	66.9	озера	
811.1	1.4	1.2E-06	60.3	озера	
815.1	12.1	2.6E-06	60.2	озера	Лымбанато
817.1	16.6	4.0E-06	60.1	озера	Бол.Болванское
827.1	85.4	3.8E-05	59.7	озера	Песчанка-То
827.1	6.1	3.0E-06	59.7	озера	
837.0	1.5	1.1E-06	59.3	озера	
839.0	1.8	1.5E-06	59.3	озера	
846.9	4.5	2.7E-06	59.0	озера	Кузнецкое-То
850.8	3.4	2.3E-06	58.8	озера	

2555.0	72.2	2.4E-06	22.7	озера	Энгельгардт
2682.3	753.4	1.0E-05	21.7	озера	ТАЙМЫР
3453.0	159.6	1.1E-06	17.9	реки постоянные	Бол.Трофимовская прот.
.....					
сумма	6816.6	2.6E-04		озера	
сумма	1737.3	6.7E-05		реки постоянные	
итого	8553.9	3.2E-04			

Lтс, км – удаленность объекта от точки старта,

S, км² – площадь пресечения объекта и АЗТ,

P – оценка вероятности падения аварийного комплекса «128» на объект.

Воздействие на объекты при падении на участке работы второй ступени будет незначительно в силу гарантированного разрушения изделия на дальности свыше ~1500 км, практически полного испарения в атмосфере остатков токсичных КРТ при высокотемпературном нагреве и падения на поверхность земли отдельных фрагментов конструкции изделия.

4.3.3.2 Особо охраняемые природные территории (ООПТ)

Суммарная вероятность падения аварийного изделия комплекса «128» на территории ООПТ составляет ~ $2 \cdot 10^{-4}$ (Таблица 4.3-4). На территории Архангельской области ООПТ, попадающие в аварийную зону трассы пуска отсутствуют. Ближайший к точке старта Ненецкий заповедник (860 км, участок полета первой ступени) расположен на побережье Печорской губы. Суммарная масса остатков КРТ в момент аварии составляет в среднем 58 тонн. Вероятность падения на его территорию составляет $6 \cdot 10^{-5}$. При значительном ущербе данная вероятность может быть отнесена к уровню «жесткого контроля», при меньшем ущербе соответствует уровню «приемлемого риска».

Воздействие на ОПС при падении в заповедники Большой Арктический, Усть-Ленский и Магаданский будет незначительно в силу сильного разрушения комплекса «128» на дальности падения свыше ~2200 км со значительной высоты полета, практически полного испарения в атмосфере остатков токсичных КРТ (суммарный остаток менее 26 т) при высокотемпературном нагреве

и падения на поверхность земли отдельных несгоревших фрагментов конструкции. Кроме того, вероятность падения на данные объекты не превышает уровня приемлемого риска.

Таблица 4.3-4 Вероятность попадания аварийного изделия комплекса «128» на территорию ООПТ

Lтс,км	S,кв.км	P	Mт	Наименование
862	129	5.7E-05	58.370	Ненецкий
2270	4109	6.3E-05	26.384	Большой Арктический
3341	9534	5.7E-05	18.303	Усть-Ленский
4868	362	6.4E-08	13.191	Магаданский
	14134	1.8E-04		

4.3.3.3 Объекты транспортной сети

Суммарная вероятность падения аварийного изделия комплекса «128» на объекты железнодорожной сети оценивается величиной не более $3 \cdot 10^{-7}$ (Таблица 4.3-5), на объекты автодорожной сети $7 \cdot 10^{-6}$ (Таблица 4.3-6), то есть находятся в границах приемлемого риска при любом финансовом ущербе.

Участок ширококолейной железной дороги Архангельск - Карпогоры протяженностью ~4 км трасса пересекает на удалении ~155 км от точки старта.

Таблица 4.3-5 Вероятность попадания аварийного изделия комплекса «128» в объекты железнодорожной сети

Lтс, км	L, км	P	Тип
154.9	3.8	2.7E-07	ж.д. ширококолейные

L, км – длин объекта в области пресечения.

Суммарная протяженность автодорог с усовершенствованным покрытием в АЗТ составляет ~28 км (около 1% всех дорог в АЗТ). На удалении ~27 км от точки старта трасса пересекает автодорогу с усовершенствованным покрытием М-8, проходящую вдоль Северной Двины. Вероятность падения на эту дорогу не превышает 10^{-6} . Большую часть остальных дорог составляют зимники (30%) и грунтовые дороги (53%).

Таблица 4.3-6 Вероятность попадания аварийного изделия комплекса «128» в объекты автодорожной сети

Lтс,км	L,км	P	тип
26.8	0.8	8.4E-07	автодороги с усовершенствованным покрытием (М-8)
	230.8	8.0E-07	грунтовые дороги без покрытия
	1592.4	2.0E-06	грунтовые дороги проселочные
	2258.6	1.5E-06	зимние дороги
	4082.7	5.1E-06	Общий итог

4.3.3.4 Объекты коммуникаций

Нефте- и газопроводы в аварийной зоне трассы не обнаружены.

Таблица 4.3-7 Вероятность попадания аварийного изделия комплекса «128» в объекты коммуникаций

Lтс,км	L,км	P	тип
26.2	0.8	7.7E-07	линии электропередач
153	3.9	2.7E-07	линии электропередач
209	5.4	2.0E-07	линии электропередач
219	6.0	2.3E-07	линии электропередач
315	8.0	2.1E-07	линии электропередач
389	11.7	1.5E-07	линии электропередач
5070	40.2	6.1E-10	линии электропередач
	76.0	1.8E-06	

Суммарная вероятность падения аварийного изделия комплекса «128» на объекты коммуникаций (ЛЭП, общая протяженность в АЗТ составляет ~ 76 км) не превышает $2 \cdot 10^{-6}$.

4.3.3.5 Опасные промышленные объекты

Анализ трассы пуска показал, что потенциально опасные промышленные объекты, входящие в перечень МЧС /14/, находятся на значительном удалении от трассы, что обеспечивает полную их безопасность в случае аварии изделия комплекса «128». Единственным объектом, попадающим в АЗТ, является склад взрывчатых веществ АО "Дукатский ГОК" в Магаданской области,

который находится на расстоянии не менее 5040 км от точки старта. Вероятность падения фрагмента на данный объект при разрушении изделия комплекса «128» (время отказа ~149 с) не превышает $3 \cdot 10^{-11}$ (Таблица 4.3-8).

Таблица 4.3-8 Вероятность попадания фрагментов аварийного изделия комплекса «128» в опасные промышленные объекты

Наименование, тип объекта	Место расположения	Лтс, км	P
АО "Дукатский ГОК", склад взрывчатых веществ	п. Дукат	5041	$3 \cdot 10^{-11}$

4.4 Оценка показателей риска попадания ОЧ изделия в населенные пункты, хозяйственные объекты инфраструктуры, природоохранные и другие объекты, расположенные в РП ОЧ и на прилегающих территориях для трассы № 5

Характеристики районов падения при проведении ЛИ по трассе для пуска № 5 приведены в таблице (Таблица 4.4-1). РП ГО, второй и третьей ступени имеют форму эллипса с размерами полуосей А и В. РП ОЧ 1 ступени имеет форму прямоугольника длиной А и шириной В.

Таблица 4.4-1 РП ОЧ для пуска № 5

Тип ОЧ	форма	φ	λ	L	A	B	Az	M _o	M _г
1 ступень	п	71° 12'	60° 59'	1238	130	70	53	1,60	0,83
ГО	э	71° 32'	62° 21'	1299	150	80	54	-	-
2 ступень	э	-0° 42'	-177° 53'	12371	120	80	168	0,66	0,34
3 ступень	э	-23° 59'	-173° 25'	14959	100	80	166	0,014	0,005
Платформа верхнего яруса	э	-23° 47'	-173° 33'	14932	60	40	166	-	-

форма РП: п - прямоугольник, э - эллипс

φ - геодезическая широта центра РП, градусы, минуты;

λ - геодезическая долгота центра РП, градусы, минуты;

L – сферическая дальность от точки старта, км;

A – размер большой оси эллиптического РП или длина прямоугольного РП (1 ступени), км;

B – размер малой оси РП или длина прямоугольного РП (1 ступени), км;

Az – азимут большой оси РП, градусы;

M_o – масс остатков окислителя, т;

M_г – масса остатков горючего, т.

4.4.1 РП первой ступени и ГО по трассе №5

РП первой ступени и ГО расположены в акватории Карского моря напротив пролива Карские Ворота в ~45 км северо-восточнее острова Вайгач и в 120 км северо-западнее полуострова Ямал (Рисунок 4.4-1). РП первой ступени и ГО пересекаются, суммарная площадь совмещенного РП составляет 13365 кв. км.

Глубины Карского моря в районе расположения РП 1 ступени составляют 100-150 м. Вдоль северо-западной границы РП проходят морские пути из Мурманска и Архангельска в Диксон, Игарку и Владивосток.

Ближайший к РП жилой НП – поселок Амдерма (500 жит.) и Варнек (100 жит.) удалены от границ РП на расстояние ~113-120 км.

Таким образом, использование РП первой ступени и ГО не создает угроз для населения и объектов наземной инфраструктуры. На время проведения пуска необходимо закрыть акваторию РП для морского судоходства и воздушных судов установленным порядком.

Экологическое воздействие от падения первой ступени будет незначительным ввиду быстрого растворения остатков КРТ в морской воде до допустимых концентраций.

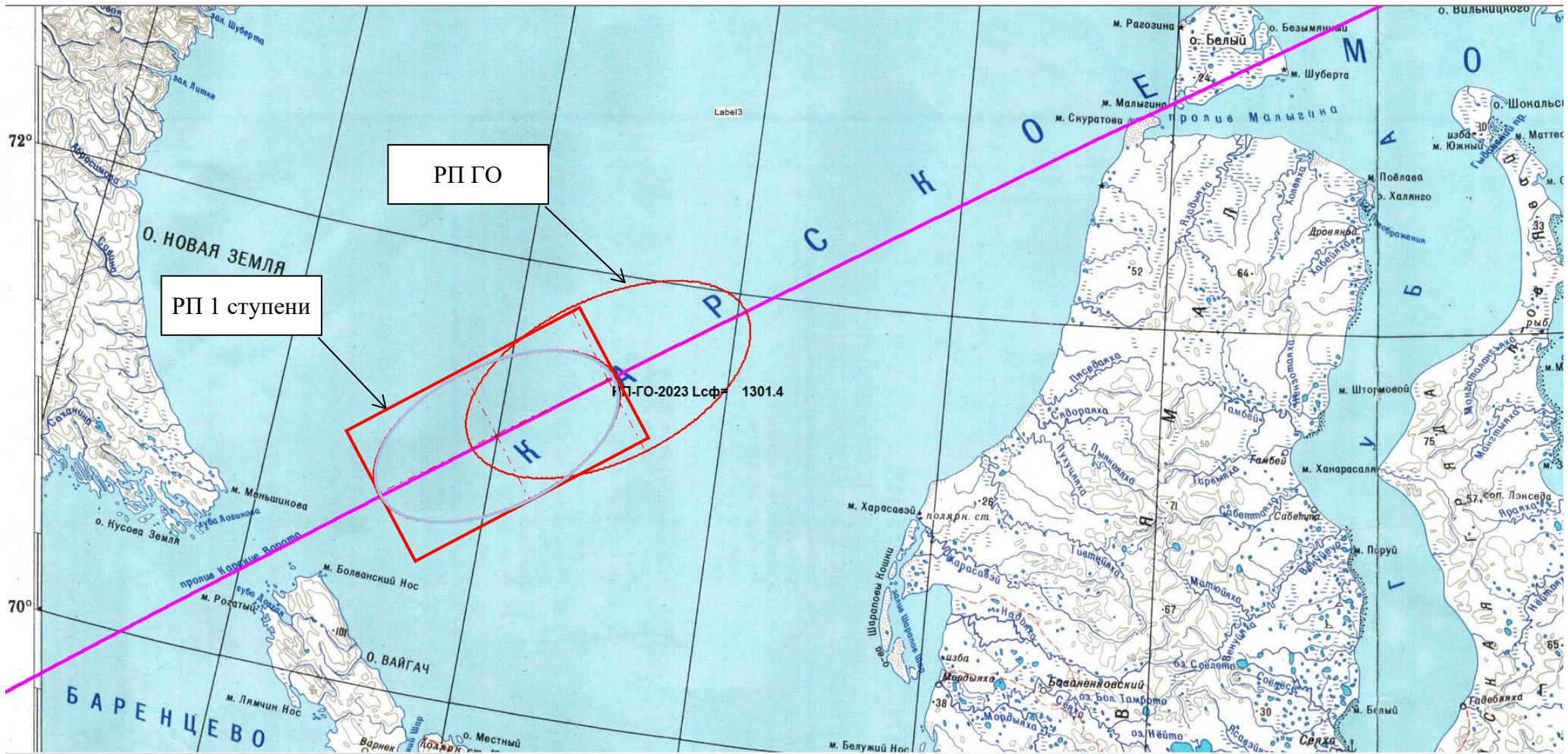


Рисунок 4.4-1 Схема расположения РП ОЧ первой степени изделия и ГО для трассы № 5

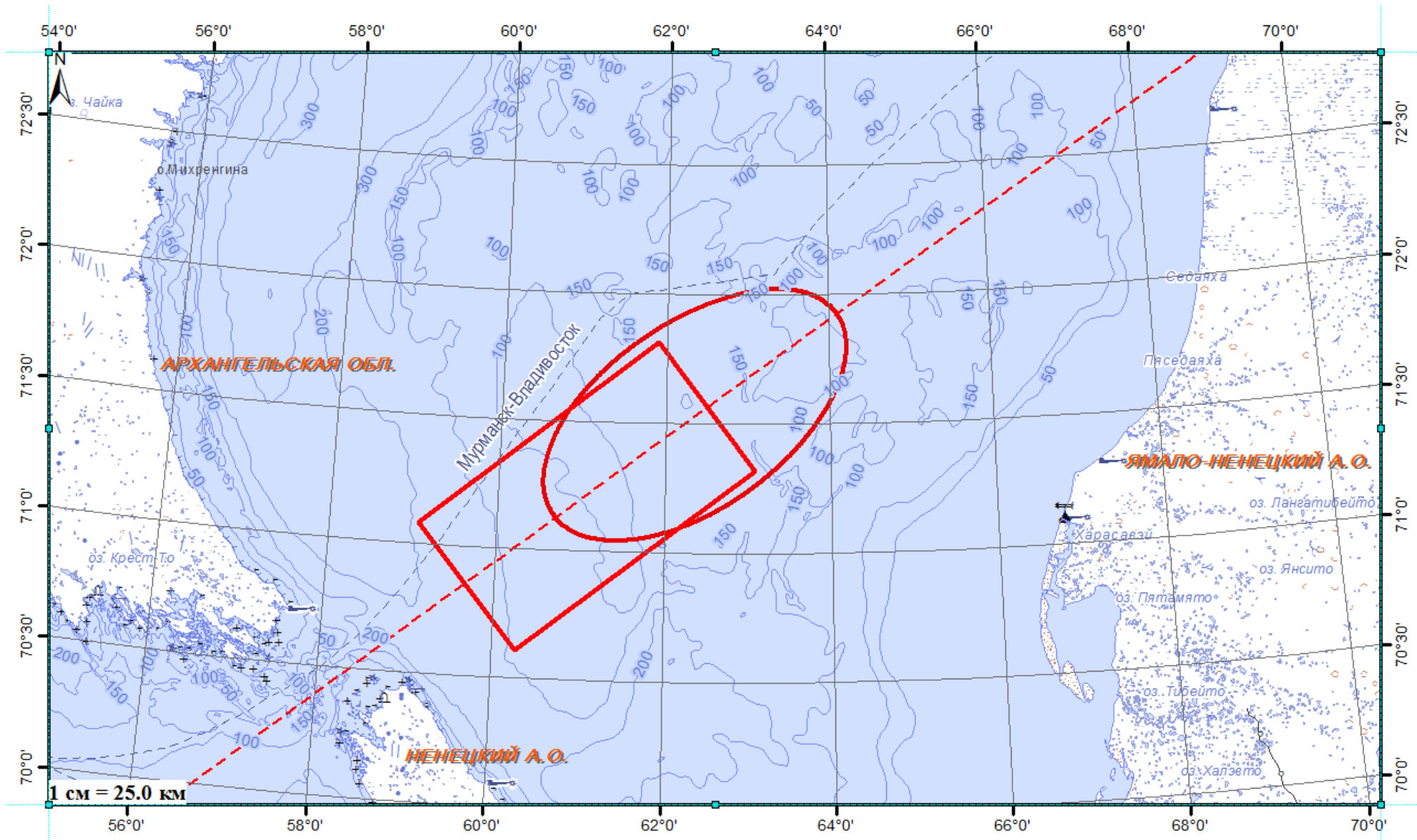


Рисунок 4.4-2 Схема расположения РП первой ступени и ГО для трассы № 5

4.4.2 РП второй, третьей ступеней и платформы верхнего яруса по трассе №5

РП второй ступени расположен в акватории Тихого океана в 150-170 км юго-западнее островов Бейкер и Хауленд (Полинезия). РП третьей ступени и платформы верхнего яруса расположены в акватории Тихого океана северо-восточней Новой Зеландии (удаленность 1600 км). Ближайшая сухопутная территория о. Тонга (Королевство Тонга) расположена в 270 км от границ РП 3-й ступени. В РП второй ступени, третьей ступени и платформы верхнего яруса обеспечивается безопасность судоходства и полетов авиации при условии принятия штатных мер по закрытию РП на время проведения пуска.

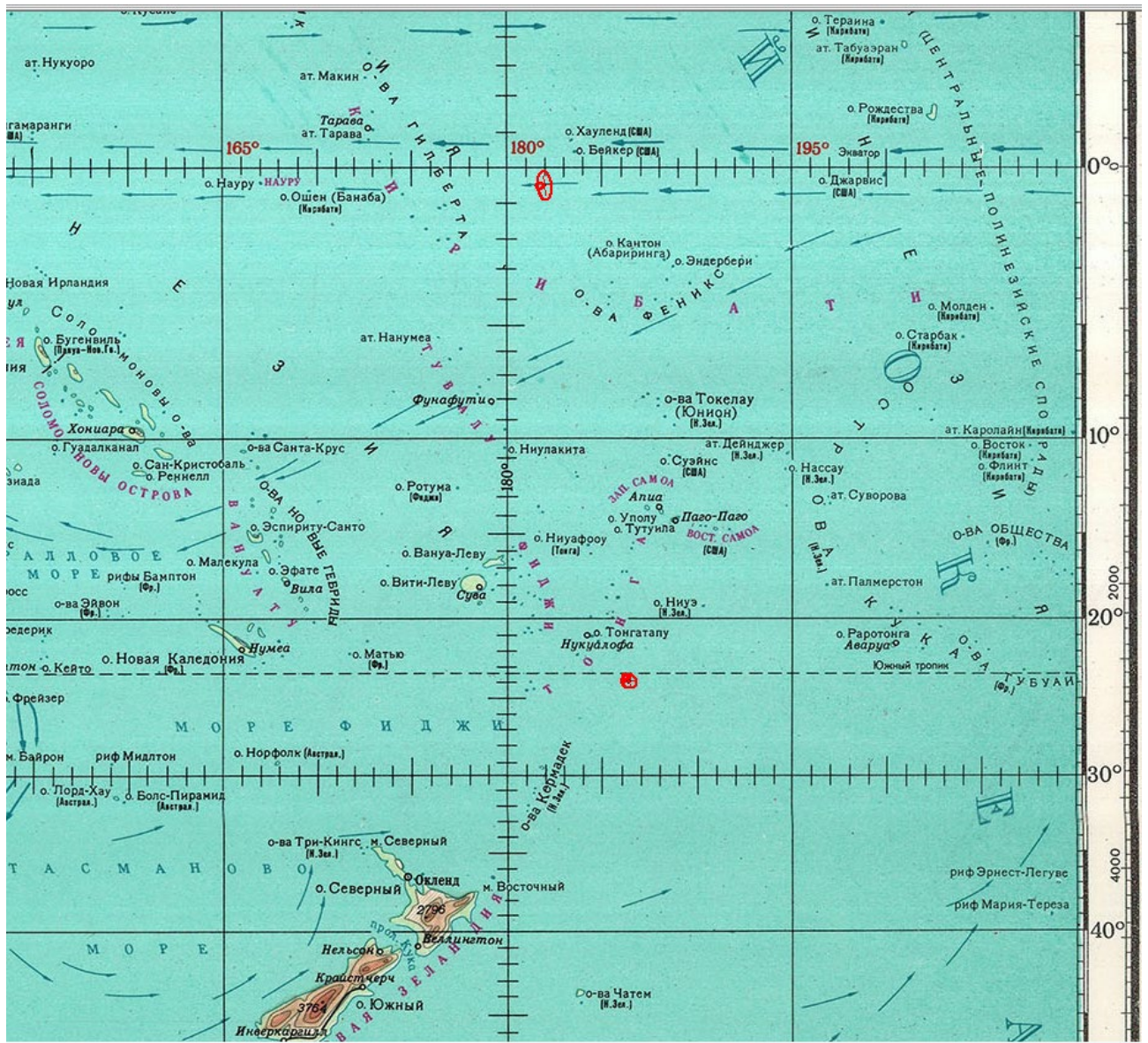


Рисунок 4.4-3 Схема расположения РП ОЧ второй, третьей ступеней и платформы верхнего яруса

5 Трасса пуска № 6.1

5.1 Расчет вероятностей падения аварийного изделия комплекса «128» на характерные участки трассы № 6.1

На основании расчета вероятностей аварий изделия комплекса «128» на характерных участках времени полета (раздел 3, Рисунок 3.3.1), зависимости дальности падения изделия комплекса «128» от времени отказа (Рисунок 5.1-1) и зависимостей бокового и продольного разбросов от дальности падения аварийного изделия комплекса «128» (Рисунок 5.1-2), получены оценки плотностей распределения точек падения изделия комплекса «128» при аварии (Рисунок 5.1-3) по аварийной зоне трассы пуска.

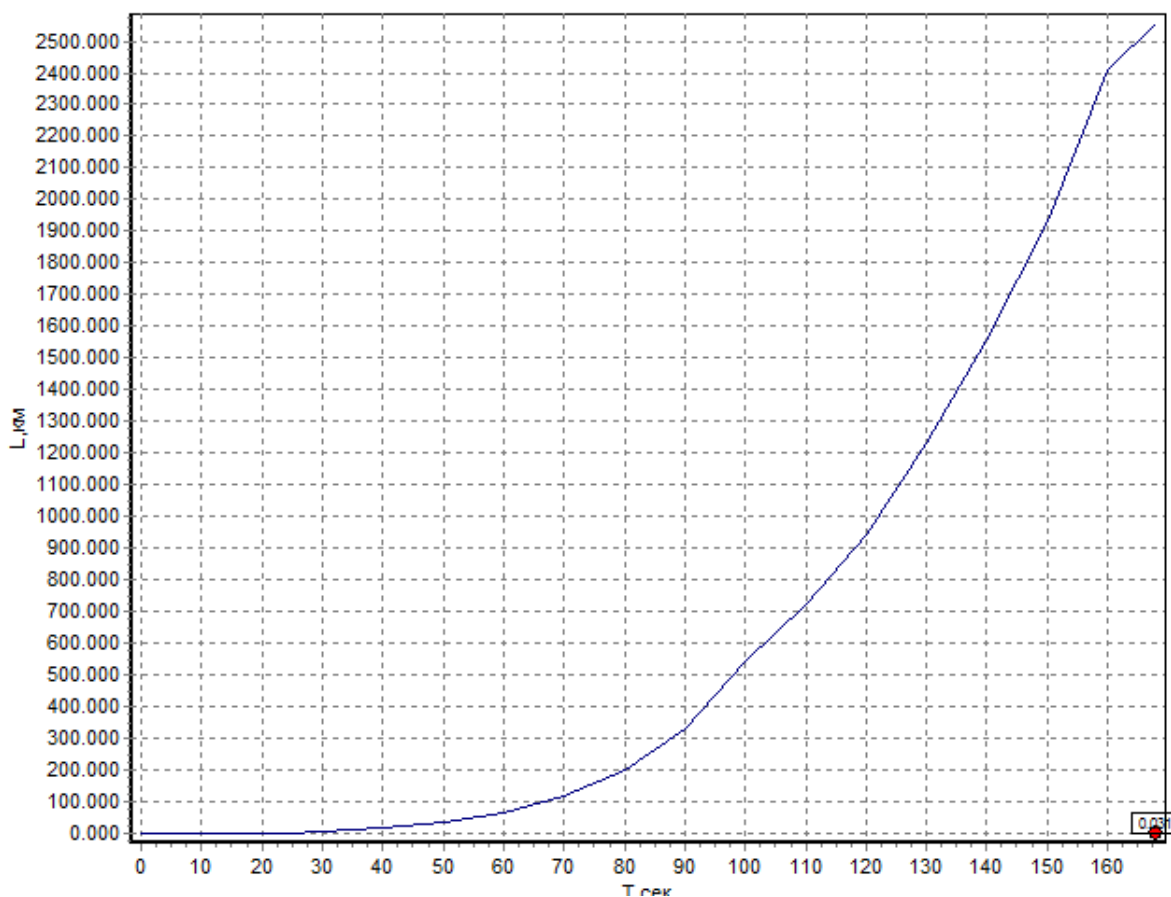


Рисунок 5.1-1 Зависимость дальности падения аварийного изделия комплекса «128» от времени отказа для трассы № 6.1

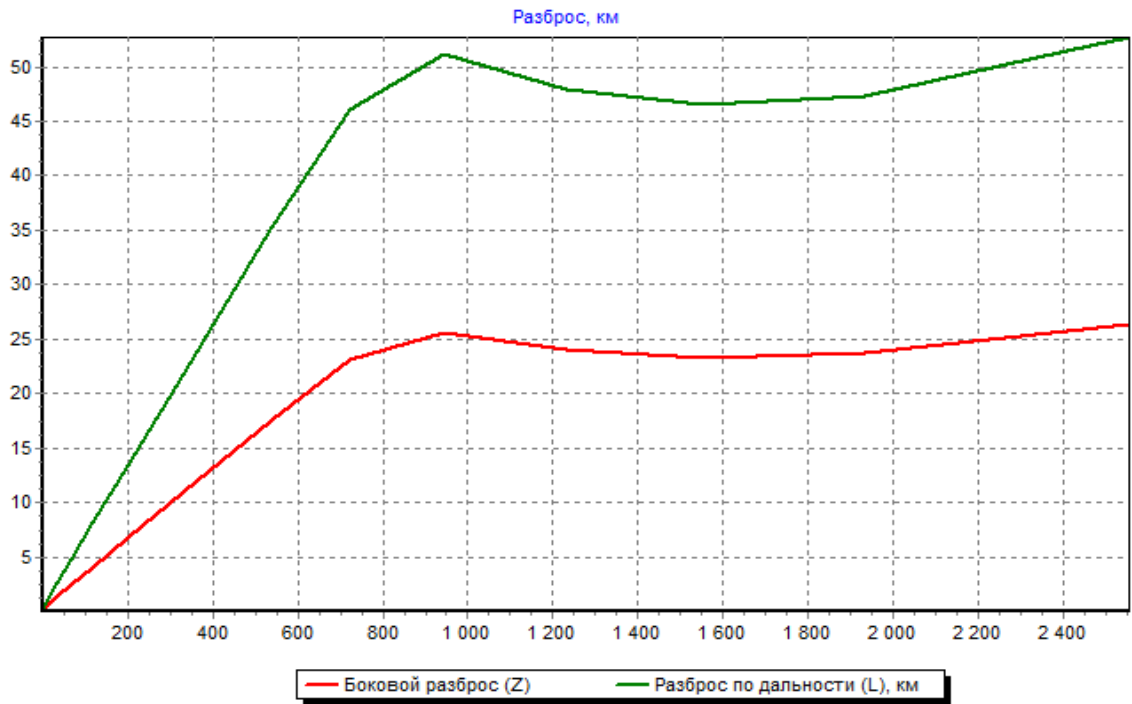


Рисунок 5.1-2 Зависимость бокового и продольного разбросов от дальности падения аварийного изделия комплекса «128» для трассы № 6.1

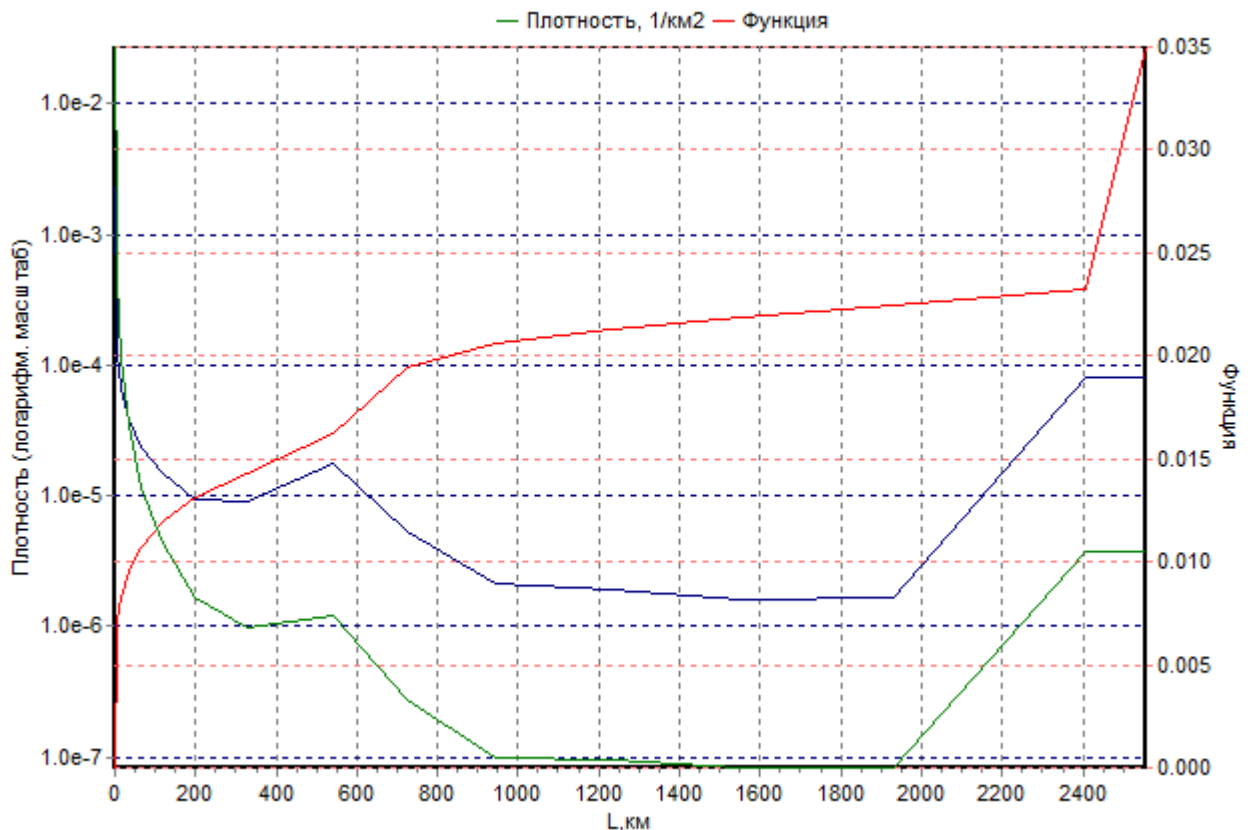


Рисунок 5.1-3 Функция (красная линия) и плотность (синяя линия) распределения дальностей падения аварийного изделия комплекса «128», максимальная плотность распределения точек падения по площади вдоль трассы при нулевом боковом отклонении (зеленая линия)

Трасса пуска расположена целиком на сухопутной территории РФ (Рисунок 4.1-1-Рисунок 4.1-3). Вероятность падения аварийного комплекса «128» при одном пуске на сухопутную территорию оценивается величиной $\sim 3.5 \cdot 10^{-2}$. Аварийная зона трассы № 6.1 пересекает территории 19-ти административных районов пяти субъектов РФ – Архангельской области, Республики Коми, Ханты-Мансийского АО, Ямало-Ненецкого АО, Красноярского края.

Относительное распределение вероятности падения аварийного комплекса «128» по территориям субъектов РФ составляет (Таблица 5.1-1): Архангельская область $\sim 23\%$ всех отказов, Республика Коми $\sim 12\%$, Ямало-Ненецкого АО $\sim 21\%$, Красноярский край $\sim 44\%$.

Наибольшие вероятности падения приходятся на Плесецкий и Виноградовский районы Архангельской области, Красноселькупский район Ямало-Ненецкого А.О., Туруханский и Эвенкийский районы Красноярского края (Таблица 5.1-1). Плотность населения для указанных районов, как и в целом для трассы, низкая и не превышает ~ 2.9 чел/км², что создает предпосылки для обеспечения приемлемых уровней безопасности для населения.

Таким образом, потенциально наиболее опасные участки трассы расположены на территории Архангельской области вблизи точки старта и в конце трассы вблизи района падения второй и третьей ступеней и ГО. На конечный участок трассы приходится более 60% возможных отказов.

Таблица 5.1-1 Перечень субъектов РФ и районов РФ в зоне возможного падения аварийного изделия комплекса «128» для трассы № 6.1. Оценка вероятности падения РН на их территорию

№	Субъект РФ	район	S, кв.км	P	P, %	Q чел/км ²
1	Архангельская обл.	Плесецкий	0.6	2.4E-03	6.9%	1.799
2		Холмогорский	0.9	9.2E-04	2.6%	1.488
3		Виноградовский	339.2	3.0E-03	8.6%	1.351
4		Пинежский	1897.3	1.5E-03	4.3%	0.847
5		Лешуконский	1286.4	3.5E-04	1.0%	0.286
	Архангельская обл.	Итог	3524.4	8.2E-03	23.3%	
6	Республика Коми	Удорский	4405.2	1.5E-03	4.3%	0.829
7		Усть-Цилемский	4026.7	1.0E-03	2.9%	0.401
8		Ижемский	3413.1	6.9E-04	2.0%	1.272
9		г.р.п.Усинск	32.6	4.6E-07	0.0%	1.938
10		г.р.п.Печора	9540.3	7.9E-04	2.3%	2.883
11		г.р.п.Инта	5228.9	2.4E-04	0.7%	1.933

№	Субъект РФ	район	S, кв. км	P	P, %	Q чел/км ²	
	Республика Коми	Итог	26646.8	4.2E-03	12.1%		
12	Ханты-Мансийский А.О.	Березовский	2618.8	7.5E-05	0.2%	0.309	
13		Шурьшкарский	12318.3	3.3E-04	0.9%	0.179	
14		Приуральский	4335.3	1.1E-04	0.3%	0.110	
15		Ямало-Ненецкий А.О.	Надымский	9330.8	2.3E-04	0.7%	0.270
16		Пуровский	11896.7	2.9E-04	0.8%	0.427	
17		Красноселькупский	14404.8	6.3E-03	18.0%	0.072	
	Ямало-Ненецкий А.О.	Итог	52285.9	7.3E-03	20.7%		
18	Красноярский край	Туруханский	17216.3	9.3E-03	26.6%	0.075	
19		Эвенкийский	2469.6	6.0E-03	17.1%	0.038	
	Красноярский край	Итог	19685.9	1.5E-02	43.7%		
	Общий итог		104761.7	3.5E-02	100.0%		

Обозначения:

S, км² – площадь пересечения аварийной зоны трассы и административного региона,

P, P% – вероятность и относительная вероятность падения на территорию,

Q чел/км² – средняя по региону плотность населения.

5.2 Оценка показателей риска для населения, проживающего вдоль трассы пуска № 6.1 и вблизи РП ОЧ

5.2.1 Оценка потенциальных рисков по трассе пуска № 6.1

На рисунке (Рисунок 5.2-1) показаны максимальные вероятности попадания в зону поражения аварийного изделия комплекса «128» при единичном пуске для человека, находящегося непосредственно на трассе пуска № 5 (нулевое боковое отклонение), соответствующие наиболее «жесткому» критерию допустимого риска, в зависимости от времени отказа и дальности по трассе.

Как видно из рисунков максимальные риски для человека, находящегося непосредственно на трассе пуска, достигаются вблизи точки старта и вблизи РП первой ступени. Максимальные вероятности попадания человека в зону концентрации продуктов испарения компонентов КРТ, соответствующие смерти с вероятностью 0,5 при времени экспозиции 5 мин., составляют: вблизи точки старта $\sim 1 \cdot 10^{-3}$, на удалении $\sim 30-60$ км $\sim 5 \cdot 10^{-6}$.

Вероятности попадания в зону поражения взрывной волной (гибель и травмы людей на открытой местности и в зданиях) составляют соответственно $\sim 6 \cdot 10^{-4}$ и $2 \cdot 10^{-6}$.

Максимальная вероятность гибели людей от попадания фрагментов не превышает вблизи старта величины $\sim 2 \cdot 10^{-5}$.

Для участка работы второй ступени наиболее вероятными являются риски поражения фрагментами разрушенного изделия комплекса «128», значения которых не превышают порядка $1 \cdot 10^{-9}$.

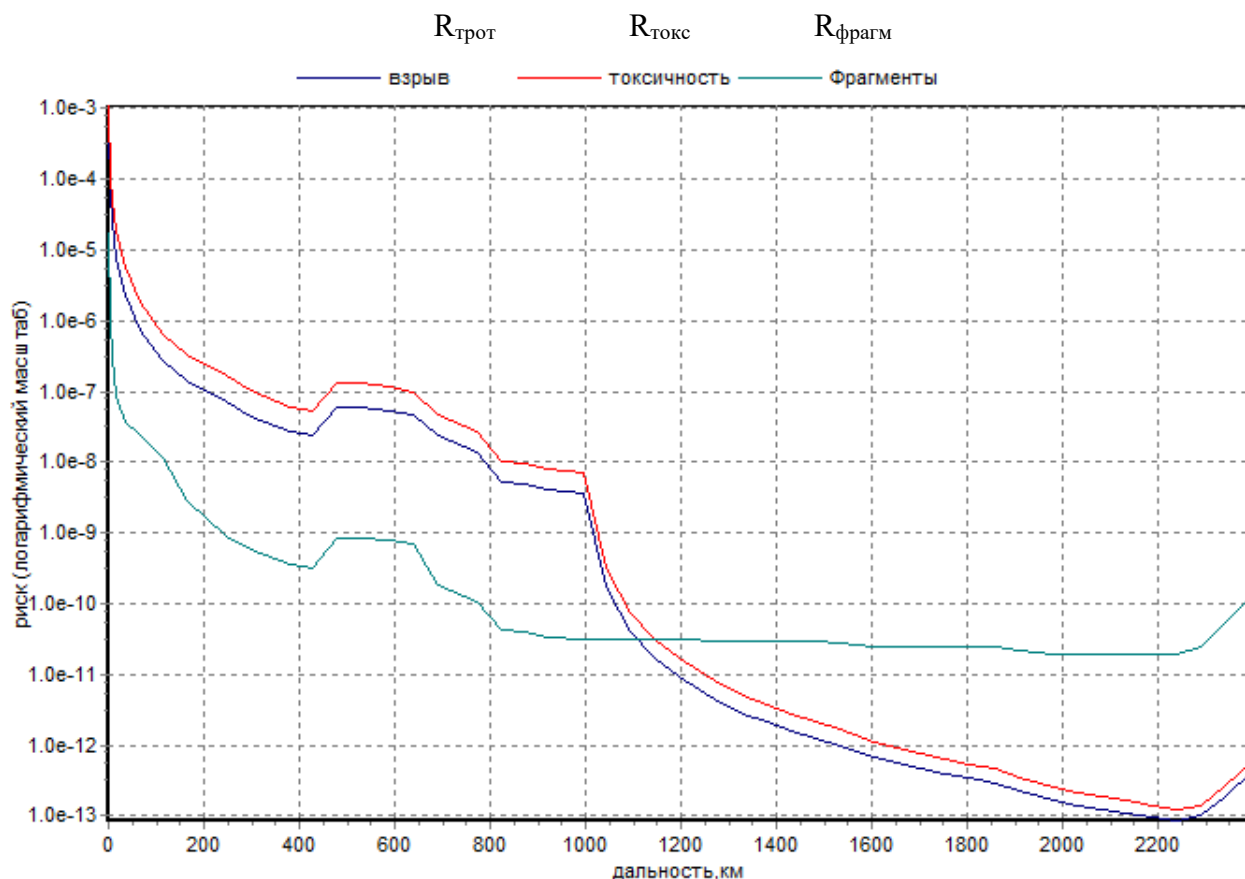


Рисунок 5.2-1 Максимальная вероятность попадания в зону поражения аварийного изделия комплекса «128» при единичном пуске для человека, находящегося непосредственно на трассе пуска № 6.1 (нулевое боковое отклонение) для следующих поражающих факторов:

$R_{\text{трот}}$ – УВВ при наземном взрыве, $R_{\text{фрагм}}$ – фрагменты изделия комплекса «128», $R_{\text{токс}}$ – продукты испарения.

Уровень риска более $\sim 1 \cdot 10^{-5}$ для всех поражающих факторов превышаетя только на удалении до ~ 40 км от точки старта.

Таким образом, максимальная вероятность гибели или причинения существенного ущерба здоровью человеку вследствие аварии комплекса «128» на всем протяжении трассы, за исключением короткого начального участка, не превышает значения критерия приемлемого риска.

5.2.2 Оценка рисков в населенных пунктах по трассе пуска № 6.1

Приведенный выше анализ показал, что трасса пуска проходит по малонаселенным территориям, что создает предпосылки для обеспечения приемлемой безопасности населения при проведении пуска.

Всего в аварийную зону трасы попадает 56 жилых НП общей численностью ~66.2 тыс. человек. Из них один город – Печора (37.556 тыс.жит.), 6 поселков с численностью 1.0-3.8 тыс. жителей, остальные НП – поселки сельского типа с численностью в основном менее 500 жителей. Наиболее близко к точке старта (32-36 км) находятся поселки сельского типа Виноградовского района Архангельской области, расположенные вдоль реки Северная Двина. Всего в этих поселках проживает 560 человек.

В таблице (Таблица 5.2-1) представлен перечень НП, расположенных вдоль трассы пуска, и оценки рисков населения для различных факторов поражения (для вероятности аварийного исхода ~0.035). По фактору поражения фрагментами аварийного комплекса «128» риски населения не превышают $3 \cdot 10^{-7}$. По фактору возможного поражения УВВ при взрыве ($\Delta p = 0.65 \text{ кг/см}^2$ -гибель людей на открытой местности, разрушение зданий) риски менее $\sim 6 \cdot 10^{-6}$. По фактору поражения продуктами испарения КРТ (гибель человека с вероятностью 0,5 при времени экспозиции 5 мин.) риски населения не превышают $7 \cdot 10^{-6}$.

Таким образом, риски для населения в соответствии с рекомендациями /4, Таблица 1.6-1/ по всем поражающим факторам находятся на приемлемом уровне и ниже.

При проведении пуска изделия комплекса «128» разработчиком должны быть предусмотрены меры по обеспечению безопасности в ближайших к точке старта и трассе населенных пунктах с использованием специальных сил и

средств Минобороны и МЧС. Для ликвидации последствий в случае аварийной ситуации предусмотрены средства нейтрализации проливов и фрагментов, детоксикации грунта, пожаротушения, эвакуации населения, индивидуальной защиты.

Таблица 5.2-1 Перечень НП, расположенных вдоль трассы пуска № 6.1, и оценки рисков для населения при одном пуске изделия комплекса «128»

№	Район	Наименование	Nтч	тип	t	Лтс,км	Zтр,км	Mт	Риск фр	Риск трот	Риск токс
	Архангельская обл.										
1.	Виноградовский	Усть-Морж	0.049	ПСТ	48.8	31.8	0.7	124.601	2.0E-08	1.7E-06	2.3E-06
2.	Виноградовский	Хетово	0.454	ПСТ	49.9	33.8	0.6	123.089	2.3E-07	5.9E-06	7.2E-06
3.	Виноградовский	Репаново	0.056	ПСТ	50.6	35.9	0.7	122.132	2.2E-08	1.5E-06	2.1E-06
	Республика Коми										
4.	Удорский	Бол.Пучкома	0.153	ПСТ	86.9	289.0	5.2	72.380	8.2E-10	4.9E-08	6.0E-08
5.	Удорский	Мал.Пучкома	0.009	ПСТ	86.9	289.0	4.1	72.380	7.6E-11	2.8E-08	3.9E-08
6.	Удорский	Бол.Острowo	0.006	ПСТ	87.1	291.0	0.9	72.169	1.1E-10	5.4E-08	7.5E-08
7.	Удорский	Важгорт	0.512	ПСТ	87.2	292.9	3.9	71.959	4.5E-09	1.7E-07	1.9E-07
8.	Удорский	Вьльгорт	0.029	ПСТ	87.2	292.9	2.7	71.959	3.7E-10	5.8E-08	7.6E-08
9.	Удорский	Кривое	0.109	ПСТ	87.4	294.9	9.8	71.749	2.4E-11	1.7E-09	2.1E-09
10.	Удорский	Латьюга	0.036	ПСТ	92.7	385.1	6.3	64.513	1.3E-10	1.7E-08	2.1E-08
11.	Усть-Цилемский	Левкинская	0.013	ПСТ	98.4	505.6	6.6	56.692	1.7E-10	4.3E-08	5.6E-08
12.	Усть-Цилемский	Скитская	0.152	ПСТ	100.3	544.6	14.8	54.018	1.4E-10	8.0E-09	9.4E-09
13.	Усть-Цилемский	Степановская	0.307	ПСТ	100.5	548.6	15.9	53.727	1.7E-10	7.2E-09	8.2E-09
14.	Усть-Цилемский	Черногорская	0.079	ПСТ	101.6	568.5	14.9	52.270	1.2E-10	9.7E-09	1.2E-08
15.	Ижемский	Косъель	0.027	ПСТ	105.1	632.7	9.4	47.480	2.3E-10	3.4E-08	4.1E-08
16.	Ижемский	Ласта	0.286	ПСТ	105.2	634.7	14.6	47.330	6.6E-10	2.8E-08	3.1E-08
17.	Ижемский	Черноборская	0.015	ПСТ	105.2	634.7	16.0	47.330	2.2E-11	4.8E-09	6.0E-09
18.	Ижемский	Гам	0.514	ПСТ	105.2	634.7	8.3	47.330	5.4E-09	1.9E-07	2.1E-07
19.	Ижемский	Мохча	1.046	ПСТ	105.3	636.7	6.5	47.180	1.4E-08	4.1E-07	4.5E-07
20.	Ижемский	Ель	0.05	ПСТ	105.3	636.7	4.1	47.180	9.1E-10	8.9E-08	1.1E-07
21.	Ижемский	Бакур	0.452	ПСТ	105.4	638.7	2.5	47.030	9.2E-09	3.3E-07	3.7E-07
22.	Ижемский	Варыш	0.399	ПСТ	105.4	638.7	3.0	47.030	7.9E-09	3.0E-07	3.3E-07
23.	Ижемский	Ижма	3.753	ПСТ	105.5	640.3	7.0	46.906	4.8E-08	1.1E-06	1.1E-06
24.	Ижемский	Сизябск	1.232	ПСТ	105.5	640.3	0.7	46.906	2.7E-08	7.3E-07	7.9E-07
25.	Ижемский	Брыка	0.026	ПСТ	105.5	640.3	1.6	46.906	5.5E-10	8.1E-08	1.0E-07
26.	Ижемский	Константиновка	0.09	ПСТ	105.7	644.3	1.6	46.418	1.8E-09	1.3E-07	1.5E-07
27.	г.р.п.Печора	КОЖВА	2.269	ПГТ	113.0	788.7	23.7	37.775	6.9E-11	2.2E-09	2.3E-09
28.	г.р.п.Печора	Набережный	0.403	ПСТ	113.0	788.7	22.1	37.775	4.3E-11	1.6E-09	1.7E-09
29.	г.р.п.Печора	Усть-Кожва	0.125	ПСТ	113.0	788.7	19.5	37.775	3.2E-11	1.9E-09	2.1E-09
30.	г.р.п.Печора	Соколово	0.374	ПСТ	113.1	790.7	2.7	37.717	1.9E-09	7.1E-08	7.8E-08
31.	г.р.п.Печора	Песчанка	0.055	ПСТ	113.1	790.7	7.3	37.717	1.9E-10	1.7E-08	2.0E-08

№	Район	Наименование	Nтч	тип	t	Лтс,км	Zтр,км	Mт	Риск фр	Риск трот	Риск токс
32.	т.р.п.Печора	Уляшево	0.017	ПСТ	113.2	792.7	12.1	37.659	2.7E-11	5.1E-09	6.1E-09
33.	т.р.п.Печора	ПУТЕЕЦ	0.89	ПГТ	113.2	792.7	17.4	37.659	2.0E-10	8.2E-09	8.9E-09
34.	т.р.п.Печора	Родионово	0.001	ПСТ	113.2	792.7	19.1	37.659	2.8E-13	5.2E-10	6.6E-10
35.	т.р.п.Печора	Луговой	0.488	ПСТ	113.2	792.7	18.1	37.659	1.8E-10	6.3E-09	6.8E-09
36.	т.р.п.Печора	Белый Ю	0.108	ПСТ	113.3	794.7	6.1	37.601	4.1E-10	2.5E-08	2.8E-08
37.	т.р.п.Печора	ПЕЧОРА	37.556	города	113.4	798.6	20.8	37.484	1.2E-09	1.1E-08	1.1E-08
38.	т.р.п.Печора	Миша-Яг	0.734	ПСТ	113.8	806.6	18.9	37.252	1.9E-10	5.7E-09	6.2E-09
39.	т.р.п.Печора	СЫНЯ	0.375	ПГТ	115.2	838.1	0.7	36.327	5.1E-10	2.7E-08	3.0E-08
40.	т.р.п.Печора	КОСЬЮ	0.153	ПСТ	117.3	883.6	24.4	34.996	9.7E-13	9.5E-11	1.1E-10
	Ямало-Ненецкий А.О.										
41.	Шурышкарский	Евыргорт	0.025	ПСТ	124.9	1083.5	11.3	30.047	2.0E-11	2.7E-09	3.1E-09
42.	Шурышкарский	Тильтим	0.02	ПСТ	125.1	1091.4	8.0	29.867	2.6E-11	4.0E-09	4.6E-09
43.	Шурышкарский	Хант-Мужи	0.009	ПСТ	126.9	1140.8	19.6	28.743	1.0E-12	2.8E-10	3.2E-10
44.	Шурышкарский	Мужи	3.741	ПСТ	126.9	1143.1	16.3	28.692	1.1E-09	2.3E-08	2.4E-08
45.	Шурышкарский	Нов.Киеват	0.025	ПСТ	127.2	1150.9	1.4	28.513	5.1E-11	6.7E-09	7.6E-09
46.	Шурышкарский	Анжигорт	0.013	ПСТ	127.4	1156.9	18.0	28.378	2.4E-12	4.9E-10	5.6E-10
47.	Шурышкарский	Ишвары	0.004	ПСТ	127.5	1158.8	20.9	28.333	3.1E-13	1.6E-10	1.8E-10
48.	Шурышкарский	Горки	1.953	ПСТ	128.0	1174.6	18.5	27.974	3.0E-10	7.2E-09	7.4E-09
49.	Шурышкарский	Лопхари	0.489	ПСТ	128.8	1196.7	22.6	27.477	2.0E-11	6.6E-10	7.0E-10
50.	Надымский	Лонгъюган	1.327	ПСТ	136.6	1442.0	1.7	22.426	2.5E-09	6.3E-08	6.5E-08
51.	Надымский	Ягельный	0.899	ПСТ	138.7	1510.2	0.6	21.046	1.7E-09	4.6E-08	4.7E-08
	Красноярский край										
52.	Пуровский	Толька	0.087	ПСТ	149.4	1911.1	24.1	0.4	1.4E-12	7.8E-11	7.9E-11
53.	Туруханский	Келлог	0.306	ПСТ	156.4	2239.3	4.9	9.478	3.2E-10	1.0E-08	1.0E-08
54.	Туруханский	Сумароково	0.072	ПСТ	161.8	2441.8	4.8	-21	4.6E-09	2.2E-07	2.0E-07
55.	Туруханский	Бор	2.496	ПСТ	162.7	2457.9	5.9	-19.9	1.5E-07	3.0E-06	2.9E-06
56.	Туруханский	Подкаменная-Тунгуска	0.041	ПСТ	162.9	2461.9	9.3	-16.5	1.7E-09	9.5E-08	8.5E-08
			62.213								

Обозначения:

t , с – номинальное время отказа,

$L_{тс}$, км - удаленность НП от точки старта,

$N_{тч}$ – численность населения, тыс.чел.,

$Z_{тр}$ – боковое удаление от трассы, км,

$M_{т}$ – масса остатков топлива, т,

Риск, фрагм. – вероятность поражения человека на территории НП фрагментом,

$P_{иск, трот}$ – вероятность попадания НП в зону поражения УВВ,

$P_{иск, токс}$ – вероятность попадания НП в зону поражения от продуктов испарения КРТ.

5.2.3 Оценка показателей безопасности для природных, социально-экономических и прочих объектов по трассе пуска № 6.1

Крупные природные и социально-экономические объекты в аварийной зоне трассы пуска в основном представлены гидрографическими объектами (озерами и реками), заповедниками, менее крупные - железными и автодорогами, коммуникационными линиями, сельскохозяйственными объектами и др.

5.2.3.1 Гидрография

Наиболее крупные гидрографические объекты с вероятностью падения на них более 10^{-6} приведены в таблице (Таблица 5.2-2).

Суммарная вероятность падения аварийного изделия комплекса «128» в гидрографические объекты (без акваторий морей) составляет $\sim 2 \cdot 10^{-4}$, в том числе расположенные на участке работы первой ступени $\sim 1.5 \cdot 10^{-4}$.

Падение в акватории гидрографических объектов на участке полета 1-ой ступени возможно без разрушения и взрыва изделия комплекса «128», вследствие чего возможно попадание компонентов КРТ в воду и ее загрязнение, объем которых зависит от дальности расположения. Наибольшая вероятность падения приходится на акваторию Большого Квандозера (примыкающего к старту), причем запас КРТ при аварии составит ~ 190 тонн. Вероятность такого события не превышает $1 \cdot 10^{-4}$, т.е является достаточно малой величиной. В соответствии с рекомендациями МЧС РФ /4, Таблица 1.6-2/ при значительном ущербе (более

500 000 тыс.руб.) данная вероятность может быть отнесена к уровню «жесткого контроля», при меньшем ущербе соответствует уровню «приемлемого риска».

Поскольку априори оценить возможный уровень принесенного ущерба при аварии такого типа достаточно сложно, то данный риск отнесем к зоне «жесткого контроля».

Воздействие на объекты при падении на участке работы второй ступени будет незначительно в силу гарантированного разрушения изделия на дальности свыше ~1500 км, практически полного испарения в атмосфере остатков токсичных КРТ при высокотемпературном нагреве и падения на поверхность земли отдельных фрагментов конструкции изделия.

Таблица 5.2-2 Вероятность попадания аварийного изделия комплекса «128» или его фрагментов в объекты гидрографической сети (трасса № 5, уровень риска более 10^{-6})

Лтс, км	S, кв.км	P	Mт	тип	наименование
802.6	2.8	1.3E-08		водохранилища	Печорское
0.2	0.0	9.0E-05	189.446	озера	Большое Квандозеро
61.8	0.2	2.5E-06	110.805	озера	
1809.2	17.0	1.3E-06	15.790	озера	Вытыто-Тцань
итого	1353.1	1.4E-04		озера	
35.9	3.9	3.5E-05	122.132	реки постоянные	Сев.Двина
638.7	43.1	2.5E-05	47.030	реки постоянные	Ижма
792.7	46.2	3.7E-06	37.659	реки постоянные	Печора
1150.9	35.7	1.4E-06	28.513	реки постоянные	Мал.Обь
1178.6	140.1	4.1E-06	27.884	реки постоянные	Бол.Обь
1564.8	31.9	1.2E-06	20.013	реки постоянные	Надым
итого	315.9	7.1E-05		реки постоянные	
всего	1671.8	2.1E-04			

Лтс, км – удаленность объекта от точки старта,

S, км² – площадь пресечения объекта и АЗТ,

P – оценка вероятности падения аварийного комплекса «128» на объект.

5.2.3.2 Особо охраняемые природные территории (ООПТ)

Суммарная вероятность падения аварийного изделия комплекса «128» на территории ООПТ составляет $\sim 3 \cdot 10^{-4}$ (Таблица 5.2-3). На территории Архангельской области ООПТ, попадающие в аварийную зону трассы пуска отсут-

ствуют. Ближайший к точке старта национальный парк Югид-Ва (930 км, участок полете второй ступени) расположен в предгорьях Урала. Суммарная масса остатков КРТ в момент аварии составляет в среднем 34 тонны. Вероятность падения на его территорию составляет $3 \cdot 10^{-4}$. При значительном ущербе данная вероятность может быть отнесена к уровню «жесткого контроля», при меньшем ущербе соответствует уровню «приемлемого риска».

Воздействие на ОПС при падении в заповедник Центрально-Сибирский будет незначительно в силу сильного разрушения комплекса «128» на дальности падения свыше ~ 2200 км со значительной высоты полета, практически полного испарения в атмосфере остатков токсичных КРТ (суммарный остаток менее 9 т) при высокотемпературном нагреве и падения на поверхность земли отдельных негоревших фрагментов конструкции. Кроме того, вероятность падения на данные объекты не превышает уровня приемлемого риска.

Таблица 5.2-3 Вероятность попадания аварийного изделия комплекса «128» на территорию ООПТ

Лтс,км	S,кв.км	P	Mт	тип	Наименование
926.9	5121.0	2.4E-04	33.752	национальный парк	Югид-Ва
2291.0	919.7	8.6E-05	8.77	заповедники	Центрально-Сибирский
	6040.7	3.3E-04			

5.2.3.3 Объекты транспортной сети

Суммарная вероятность падения аварийного изделия комплекса «128» на объекты железнодорожной сети оценивается величиной не более $3 \cdot 10^{-7}$ (Таблица 5.2-4), на объекты автодорожной сети $8 \cdot 10^{-6}$ (Таблица 5.2-5), то есть находятся в границах приемлемого риска при любом финансовом ущербе.

Участок ширококолейной железной дороги Архангельск - Карпогоры протяженностью ~ 4 км трасса пересекает на удалении ~ 155 км от точки старта.

Таблица 5.2-4 Вероятность попадания аварийного изделия комплекса «128» в объекты железнодорожной сети

L,км	P	тип
7.4	3.4E-06	узкоколейные ж.д.
180.9	2.0E-07	ж.д. ширококолейные

188.2	3.6E-06	Общий итог
-------	---------	------------

Суммарная протяженность автодорог с усовершенствованным покрытием в АЗТ составляет ~28 км (около 1% всех дорог в АЗТ). На удалении ~32 км от точки старта трасса пересекает автодорогу с усовершенствованным покрытием М-8, проходящую вдоль Северной Двины. Вероятность падения на эту дорогу не превышает $2 \cdot 10^{-6}$. Большую часть остальных дорог составляют зимники (30%) и грунтовые дороги (53%).

Таблица 5.2-5 Вероятность попадания аварийного изделия комплекса «128» в объекты автодорожной сети

L,км	P	тип
194.3	1.4E-07	автодороги с покрытием
3.6	2.3E-06	автодороги с усовершенствованным покрытием
154.6	9.0E-07	грунтовые дороги без покрытия
1149.4	3.1E-06	грунтовые дороги прочие
807.9	1.7E-06	зимние дороги
2309.8	8.1E-06	Общий итог

5.2.3.4 Объекты коммуникаций

Суммарная протяженность нефте- и газопроводов в аварийной зоне трассе № 6.1 составляет ~390 км (Таблица 5.2-6). Суммарная вероятность падения аварийного изделия комплекса «128» на объекты нефтегазовых коммуникаций не превышает $\sim 4 \cdot 10^{-07}$, что соответствует приемлемому риску.

Таблица 5.2-6 Вероятность попадания аварийного изделия комплекса «128» в объекты нефтегазовых коммуникаций

L,км	P	тип
278.2	2.7E-07	газопроводы наземные
52.9	4.0E-08	газопроводы подземные
57.7	7.3E-08	нефтепроводы подземные
388.9	3.8E-07	Общий итог

Таблица 5.2-7 Вероятность попадания аварийного изделия комплекса «128» в объекты коммуникаций

L,км	P	тип
299.9	2.9E-06	линии электропередач

Суммарная вероятность падения аварийного изделия комплекса «128» на объекты коммуникаций (ЛЭП, общая протяженность в АЗТ составляет ~300 км) не превышает $3 \cdot 10^{-6}$.

5.2.3.5 Опасные промышленные объекты

Анализ трассы пуска показал, что потенциально опасные промышленные объекты, входящие в перечень МЧС /14/, находятся на значительном удалении от трассы, что обеспечивает полную их безопасность в случае аварии изделия комплекса «128».

Таким образом, риски для природных и социально-экономических объектов по трассе пуска № 6.1 в соответствии с рекомендациями /4/ по всем поражающим факторам находятся на приемлемом уровне и ниже.

5.3 Оценка показателей риска попадания ОЧ изделия в населенные пункты, хозяйственные объекты инфраструктуры, природоохранные и другие объекты, расположенные в РП ОЧ и на прилегающих территориях для трассы № 6.1

Характеристики районов падения при проведении ЛИ по трассе № 6.1 приведены в исходных данных Заказчика.

Таблица 5.3-1 РП ОЧ для пуска № 6.1

Тип ОЧ	φ	λ	L	A	B	Az	S, кв.км	Масса О	Масса Г
1 ступень	65,2327	55,3948	712	40	27	77	3392,9	2,71	1,26
2 ступень	61,25	91,14	2524	60	50	118	4712,4	1,48	0,68
3 ступень	61,116	92,256	2573	60	50	119	4712,4		
ГО	61,25	91,14	2524	120	60	119	6126,1	-	-

5.3.1 РП первой ступени для трассы № 6.1

Для падения первой ступени предполагается использовать РП «Печора» (С-17), расположенный в Республике Коми на территориях Печорского, Ижемского и Усинского районов (Таблица 5.3-2). РП «Печора» использовался

ранее для приема первой ступени и ГО РН «Космос-3М». с аналогичными компонентами КРТ (НДМГ + АТ).

Климат на территории РП ОЧ умеренно континентальный с длительной умеренно суровой зимой и коротким прохладным летом. Средняя месячная температура воздуха января $-19,3$ °С, июля $+15,4$ °С. Среднегодовая температура воздуха $-2,5$ °С. Среднегодовое количество осадков на равнине около 780 мм, в горах — свыше 1000.

Таблица 5.3-2 Распределение территории РП первой ступеней по районам Республики Коми

№	S, кв.км	S, %	область	район	Q, чел./км ²
1	487.1	14.3%	Республика Коми	Ижемский	1.3
2	2827.0	83.0%	Республика Коми	Печорский	2.9
3	93.8	2.8%	Республика Коми	Усинский	1.9
	3407.9	100.0%			

Город Печера (58.1 тыс. жителей) административный центр одноименного района удален от границ РП на 50 км. Ближайший НП – поселок Трубоседьель (80 жителей) удален от границ РП на 15 км.

Таблица 5.3-3 Риски населения в населенных пунктах вблизи РП первой ступени

№	R	dR	тип	Наименование	Nт.ч.	Rчел
1	42.5	14.9	ПСТ	Трубоседьель	0.080	4.1E-10
2	67.6	27.2	ПСТ	Константиновка	0.090	6.7E-11
3	56.3	23.1	ПСТ	Чика	0.309	6.9E-11
4	57.7	24.0	ПСТ	Брыкаланск	0.585	9.6E-11
5	59.3	24.2	ПСТ	Березовка	0.507	1.3E-10
6	71.8	31.6	ПСТ	Ижма	3.753	4.2E-10
7	72.4	32.0	ПСТ	Сизябск	1.232	1.4E-10
8	73.5	33.1	ПСТ	Бакур	0.452	3.1E-11
9	73.0	32.6	ПСТ	Брыка	0.026	2.3E-12
10	74.3	33.9	ПСТ	Варыш	0.399	2.0E-11
11	76.2	36.0	ПСТ	Мохча	1.046	1.9E-11
12	75.7	35.4	ПСТ	Ель	0.050	1.3E-12
13	77.8	37.6	ПСТ	Гам	0.514	4.3E-12
14	78.1	38.0	ПСТ	Соколово	0.374	3.2E-12
15	78.5	38.8	ПСТ	Песчанка	0.055	2.2E-13
16	79.4	39.4	ПСТ	Косьель	0.027	1.0E-13
					9.499	1.4E-09

Учитывая значительную удаленность НП от границ РП первой ступени безопасность населения обеспечивается. Риски жителей в населенных пунктах вблизи РП (Таблица 5.3-3) не превышают 10^{-9} , т.е. находятся на пренебрежимо малом уровне.

Объектов промышленной инфраструктуры в РП первой ступени не обнаружено. Транспортная сеть представлена грунтовыми дорогами и зимниками общей протяженностью 88 км. Суммарная вероятность падения ОЧ на дорогу составляет $8 \cdot 10^{-4}$.

Ближайшие к РП ОЧ объекты инфраструктуры: железная дорога ширококолейная, автомобильная дорога (Ухта-Печора и проходящие вдоль нее подземные нефтепроводы удалены от границ РП не менее, чем на 28 км, что обеспечивает их полную безопасность.

Особо охраняемые природные территории на территории РП ОЧ и вблизи него отсутствуют. Ближайшая ООПТ - национальный парк Югыд-Ва удален от РП на расстояние не менее 115 км.

Местность в РП равнинная с высотами 50-150 м, болотистая. Общая площадь болот составляет ~807 кв.км. Вероятность попадания ОЧ в болото составляет $\sim 10^{-1}$. РП расположен в излучине р. Печора. Суммарная протяженность речной сети в РП первой ступени составляет ~642 км, вероятность падения ОЧ в водный объект оценивается величиной $8 \cdot 10^{-3}$. Наиболее крупные реки: Лыжа, Луза, Брюшинная, Пыча, Войвож.

Падение ОЧ будет оказывать экологическое воздействие на окружающую среду, в первую очередь почву, растительность и водные объекты. При пуске РН в РП упадет первая ступень с массой конструкции ~11 т. Конструкция ОЧ состоит в основном из металла (алюминиевые сплавы), вредные для окружающей среды вещества в конструкции отсутствуют.

Кроме того, в баках и внутренних полостях ОЧ будет содержаться до 3970 кг топлива (АТ + НДМГ). Учитывая относительно небольшую дальность падения ОЧ (712 км) высока вероятность падения ОЧ без разрушения в полете. В этом

случае возможны проливы КРТ. Как показал опыт эксплуатации РН-аналога, при падении ОЧ на твердую поверхность возможны взрывы остатков КРТ.

До проведения пусков должны быть разработаны мероприятия по минимизации последствий падения ОЧ на окружающую среду.

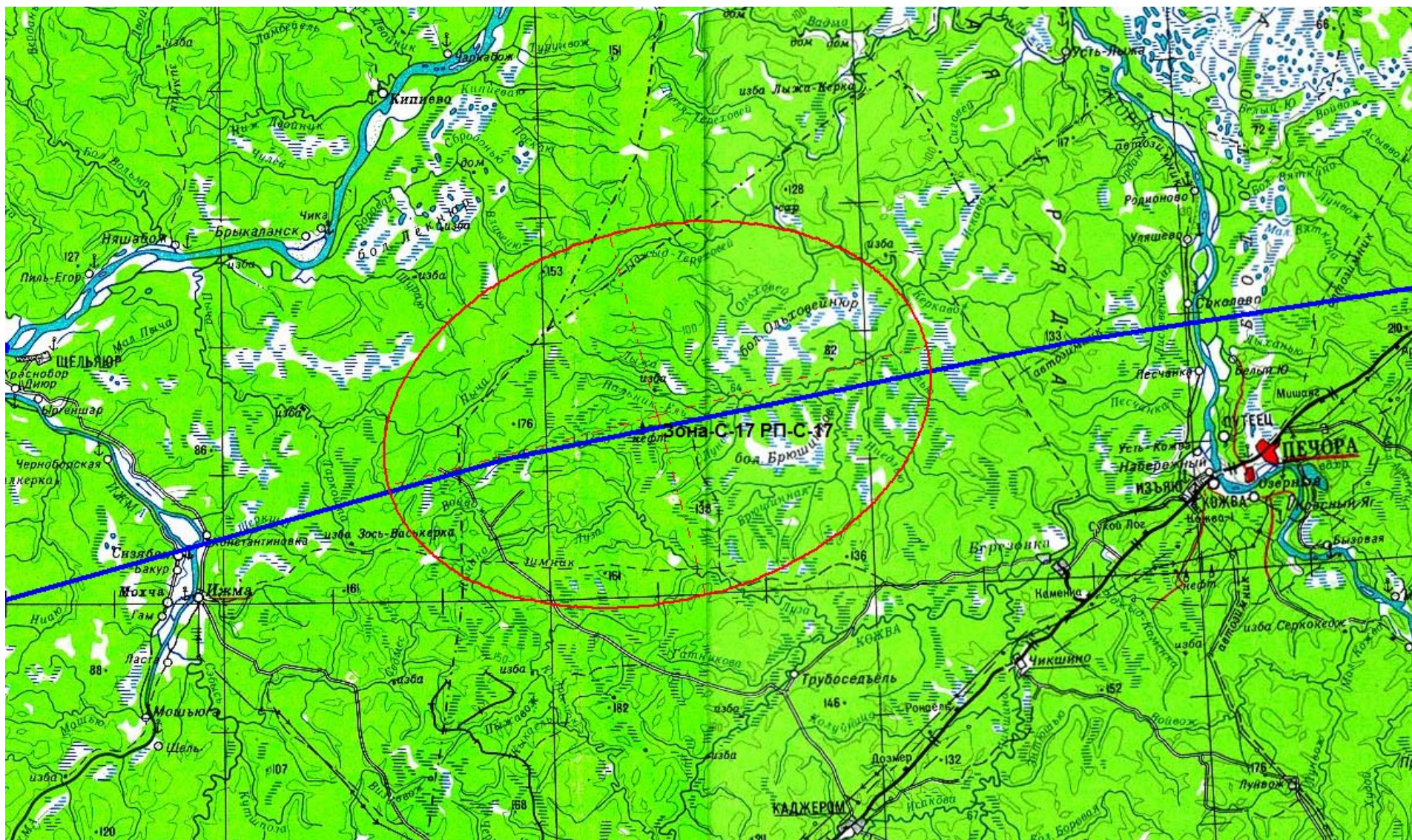


Рисунок 5.3-1 РП первой ступени для трассы № 6.1 (РП «Печора»)

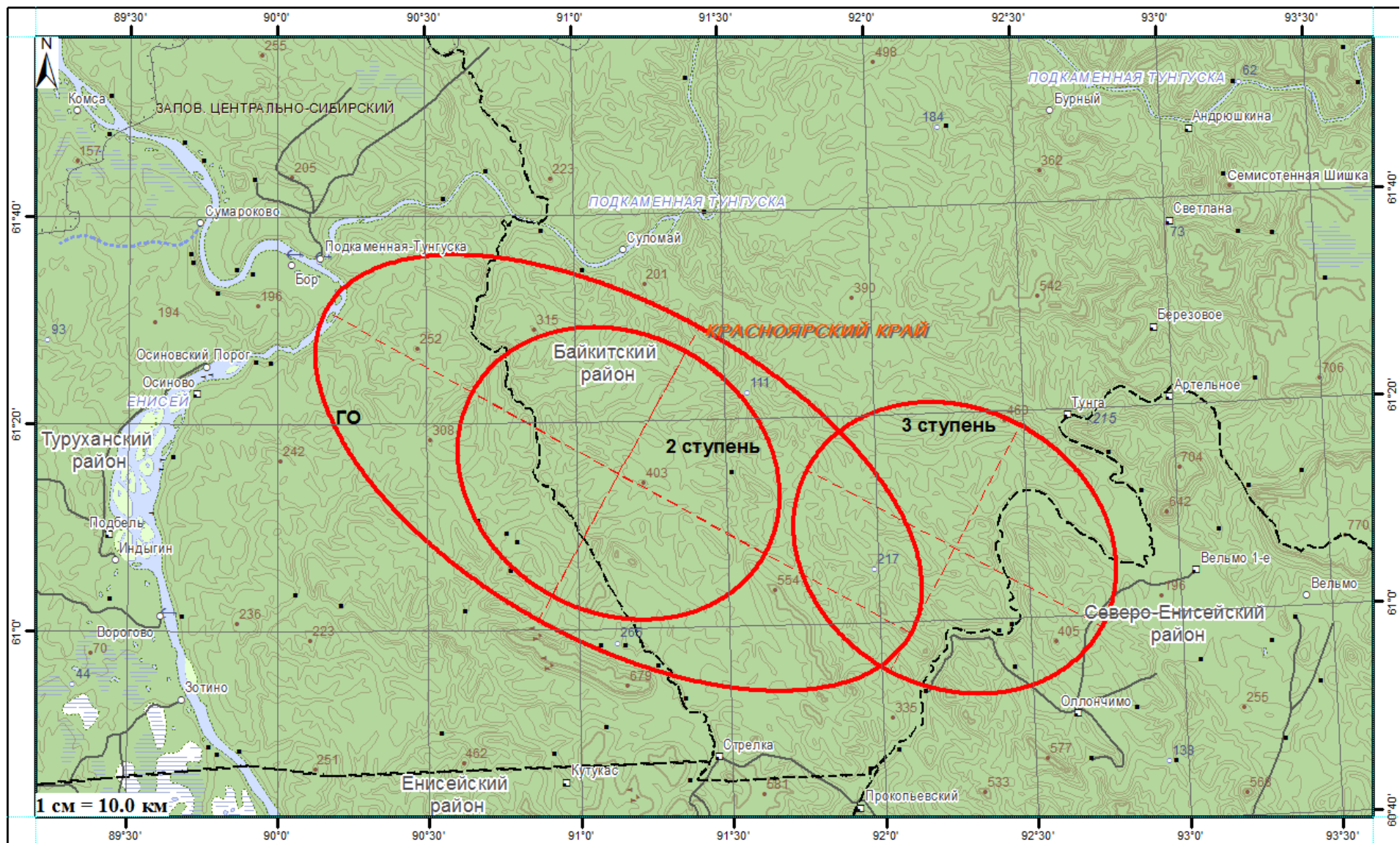


Рисунок 5.3-2 РП второй, третьей ступеней и ГО для трассы № 6.1

5.3.2 РП второй, третьей ступеней и ГО для трассы № 6.1

РП второй, третьей ступеней и ГО для вариантов трасс №№ 6.1 и 6.2 практически совпадают. Незначительное несовпадение РП связано с небольшим различием в азимутах осей РП (на 1-2°).

Объединенный РП второй, третьей ступеней и ГО расположен в Красноярском крае на территориях Байкитского, Туруханского и Северо-Енисейского районов. Площадь объединенного РП составляет 7358 кв.км.

Большая часть территории РП (64.3%) находится в Байкитском районе. Административный центр Байкитского района — село Байкит (200 км от границ РП, 2.9 тыс. жителей).

Таблица 5.3-4 Распределение территории РП второй, третьей ступеней и ГО по районам Красноярского края.

№	S, кв.км	S, %	Субъект РФ	район	Q, чел./км ²
1	4732.3	64.3%	Красноярский край	Байкитский	0.038
2	1974.3	26.8%	Красноярский край	Туруханский	0.075
3	651.0	8.8%	Красноярский край	Северо-Енисейский	0.298
	7357.6	100.0%			

Ближайшие жилые НП расположены в Туруханском и Эвенкийском районах. Учитывая удаленность НП от границ РП безопасность населения обеспечивается. Оценки рисков населения в населенных пунктах вблизи РП не превышают 10^{-6} , т.е. находятся на приемлемом и пренебрежимо малом уровне.

Таблица 5.3-5 Риски населения в населенных пунктах вблизи РП второй, третьей ступеней и ГО

№	R	dR	тип	Наименование	Nт.ч.	Rчел	
1	72.7	6.5	ПСТ	Подкаменная-Тунгуска	0.041	2.2E-08	Туруханский
2	76.7	9.4	ПСТ	Бор	2.496	8.4E-07	Туруханский
3	40.4	7.3	ПСТ	Суломай	0.181	4.0E-08	Эвенкийский
4	94.6	27.3	ПСТ	Сумароково	0.072	7.6E-10	Туруханский

R, км – удаленность от центра РП,
dR, км – удаленность от границ РП,
N т.ч. – численность (тыс. жителей),
R – риск гибели человека при падении ОЧ.

Объекты наземной инфраструктуры.

Объекты наземной инфраструктуры в РП практически отсутствуют. Автодороги представлены грунтовыми дорогами общей протяженностью ~130 км. Вероятность падение ОЧ на дорожную сеть оценивается величиной $2 \cdot 10^{-4}$.

ООПТ в границах РП и на прилегающих территориях не найдены. Ближайший Центрально-Сибирский заповедник федерального значения удален от западной границы РП ГО на ~50 км.

Гидрографические объекты. РП находится вблизи места впадения реки Подкаменной Тунгуски в реку Енисей. Участок р. Енисей протяжённостью 10 км попадает в РП ГО. Гидрографическая сеть представлена постоянными и пересыхающими реками, являющимися притоками Енисея и Подкаменной Тунгуски. Общая протяженность рек в РП ~1830 км. Наиболее крупными реками являются Чапа, Бол.Лебяжья, Вельмо, Тея, Бол.Черная. Суммарная вероятность падения ОЧ в объект гидрографической сети при одном пуске оценивается величиной $1.4 \cdot 10^{-02}$.

Таблица 5.3-6 Вероятность попадания ОЧ второй, третьей ступеней и ГО в наиболее крупные объекты гидрографической сети (трасса № 6.1)

L,км	P	тип
109.7	1.0E-03	Чапа
114.4	2.1E-03	Бол.Лебяжья
55.3	1.0E-04	Вельмо
10.4	3.4E-07	Тея
79.8	1.6E-03	Бол.Черная
...		
1829.6	1.4E-02	Общий итог

Падение ОЧ будет оказывать экологическое воздействие на окружающую среду, в первую очередь почву, растительность и водные объекты. При пуске РН в РП упадет вторая и третья ступени и ГО общей массой ~10.3 т. Конструкция ОЧ состоит в основном из металла (алюминиевые сплавы), вредные для окружающей среды вещества в конструкции отсутствуют.

Кроме того, в ОЧ второй и третьей ступеней в баках и внутренних полостях может содержаться до 2525 кг топлива (АТ + НДМГ). Учитывая значительную дальность падения ОЧ (2600 км) высока вероятность разрушения ОЧ

в полете. При падении с разрушением ОЧ остатки КРТ рассеются в атмосфере. Таким образом, проливы КРТ в данных условиях маловероятны.

До проведения пусков должны быть разработаны мероприятия по минимизации последствий падения ОЧ на окружающую среду.

Учитывая значительную удаленность населенных пунктов от границ РП второй, третьей ступеней и ГО для трассы № 6.1 безопасность населения обеспечивается.

6 Трасса пуска № 6.2

6.1 Расчет вероятностей падения аварийного изделия комплекса «128» на характерные участки трассы № 6.2

На основании расчета вероятностей аварий изделия комплекса «128» на характерных участках времени полета (раздел 3, Рисунок 3.3.1), зависимости дальности падения изделия комплекса «128» от времени отказа (Рисунок 6.1-1) и зависимостей бокового и продольного разбросов от дальности падения аварийного изделия комплекса «128» (Рисунок 3.4.2), получены оценки плотностей распределения точек падения изделия комплекса «128» при аварии (Рисунок 3.4.3) по аварийной зоне трассы пуска.

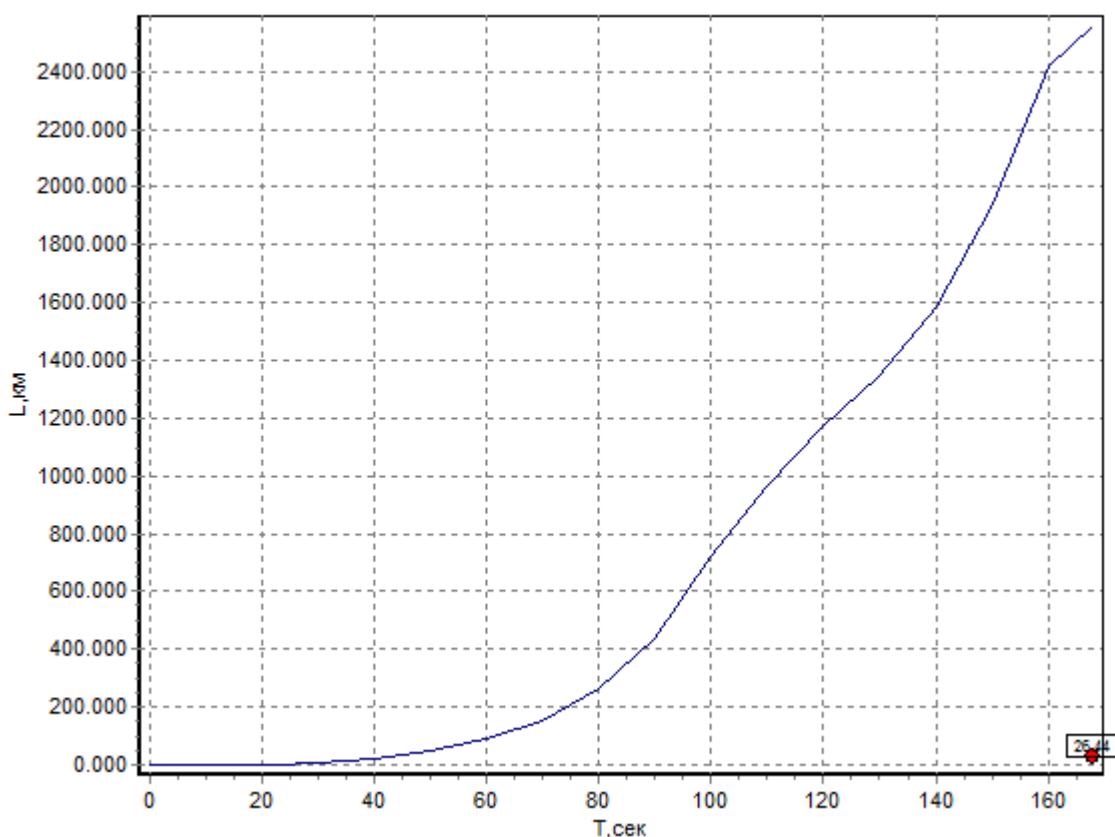


Рисунок 6.1-1 Зависимость дальности падения аварийного изделия комплекса «128» от времени отказа для трассы № 6.2

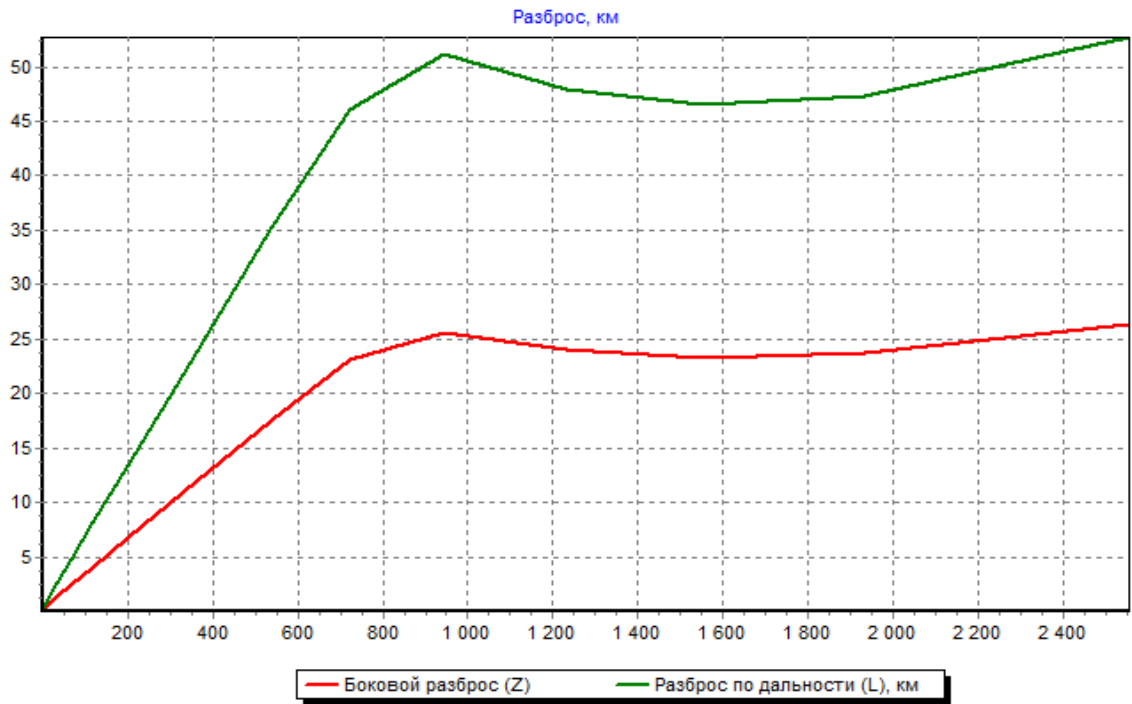


Рисунок 6.1-2 Зависимость бокового и продольного разбросов от дальности падения аварийного изделия комплекса «128» для трассы № 6.1

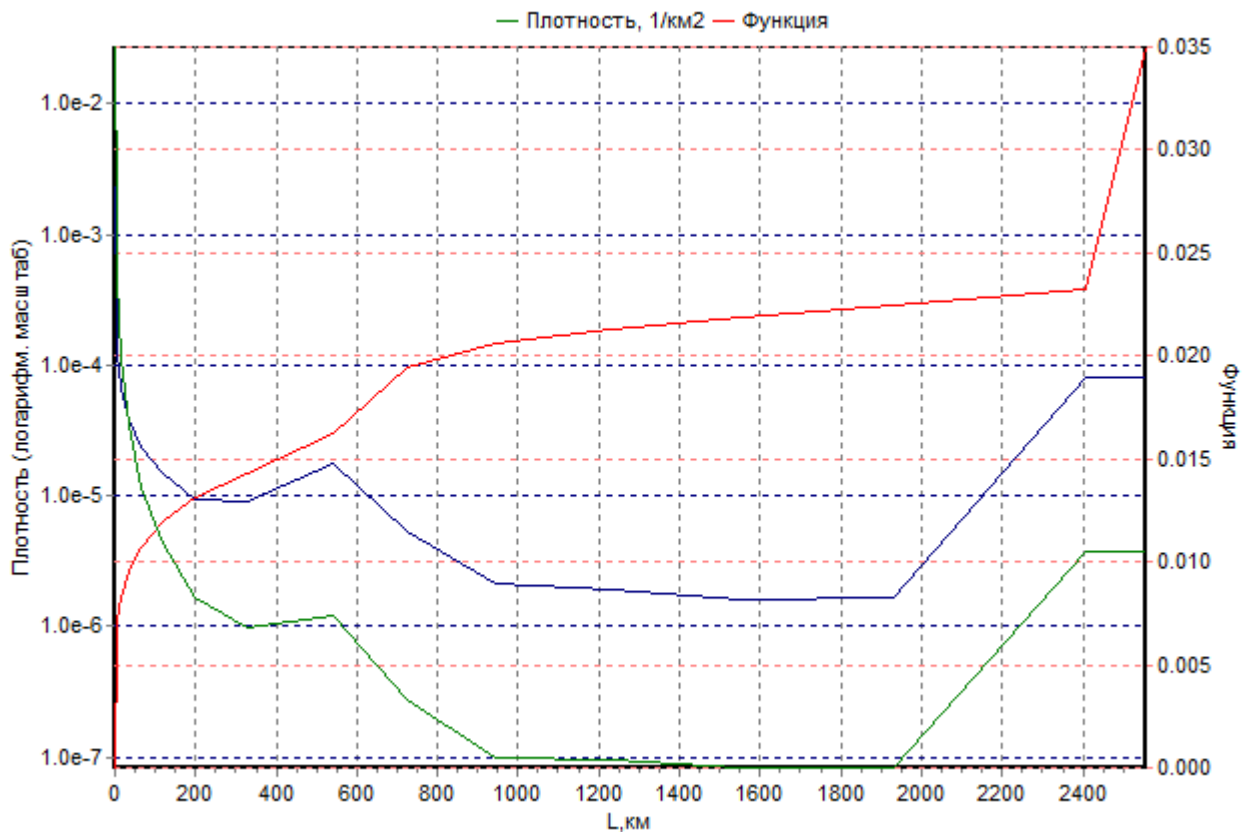


Рисунок 6.1-3 Функция (красная линия) и плотность (синяя линия) распределения дальностей падения аварийного изделия комплекса «128», максимальная плотность распределения точек падения по площади вдоль трассы при нулевом боковом отклонении (зеленая линия)

Аварийная зона трассы пересекает сухопутные территории 13-ти административных районов четырех субъектов РФ – Архангельской области, Ненецкого АО, Ямало-Ненецкого АО, Красноярского края (Рисунок 4.1-1-Рисунок 4.1-3).

Площадь суши составляет ~69% от общей площади аварийной зоны трассы, остальная площадь занята поверхностью морей: Баренцевого и Карского (Рисунок 4.1-1). Вероятность падения аварийного комплекса «128» при одном пуске на сухопутную территорию оценивается величиной $\sim 3 \cdot 10^{-2}$.

В таблице (Таблица 6.1-1) представлены перечни областей и районов РФ, расположенных в аварийной зоне трассы № 6.2, и оценки вероятности падения комплекса «128» на их территории при аварии.

Относительное распределение вероятности падения аварийного комплекса «128» по территориям субъектов РФ составляет (Таблица 6.1-1): Архангельская область ~21% всех отказов, Ненецкий А.О. ~6.9%, Ямало-Ненецкий А.О. ~21%, Красноярский край ~37%.

Наибольшие вероятности падения приходятся на Холмогорский район Архангельской области, Ненецкий А.О., Красноселькупский район Ямало-Ненецкого А.О. и Туруханский район Красноярского края. Плотность населения для указанных районов, как и в целом для трассы, низкая и не превышает ~ 1.5 чел/км², что создает предпосылки для обеспечения приемлемых уровней безопасности для населения.

Таким образом, потенциально наиболее опасные участки трассы расположены на территории Архангельской области вблизи точки старта и в Красноярском крае вблизи РП второй и третьей ступени и ГО.

Таблица 6.1-1 Перечень субъектов РФ и районов РФ в зоне возможного падения аварийного изделия комплекса «128» для трассы № 6.2. Оценка вероятности падения РН на их территорию

№	Субъект РФ	район	S, кв.км	P	P%	Q чел/км ²
1	Архангельская обл.	Плесецкий	0.4	1.1E-03	3.14%	1.799
2	Архангельская обл.	Виноградовский	27.6	5.1E-04	1.46%	1.351
3	Архангельская обл.	Холмогорский	652.7	4.3E-03	12.29%	1.488
4	Архангельская обл.	Пинежский	1204.5	9.0E-04	2.57%	0.847
5	Архангельская обл.	Лешуконский	584.5	1.5E-04	0.43%	0.286
6	Архангельская обл.	Мезенский	1838.7	5.5E-04	1.57%	0.297
	Архангельская обл.	Итог	4308.4	7.5E-03	21.46%	
7	Ненецкий А.О.	Ненецкий А.О.	11236.6	2.4E-03	6.86%	0.155
8	Ямало-Ненецкий А.О.	Ямальский	9446.3	2.9E-04	0.83%	0.139
9	Ямало-Ненецкий А.О.	Надымский	4140.1	1.0E-04	0.29%	0.27
10	Ямало-Ненецкий А.О.	Пуровский	10038.2	2.6E-04	0.74%	0.427
11	Ямало-Ненецкий А.О.	Красноселькупский	16713.6	6.7E-03	19.14%	0.072
	Ямало-Ненецкий А.О.	Итог	40338.2	7.4E-03	21.00%	
12	Красноярский край	Туруханский	19402.2	1.1E-02	31.43%	0.075
13	Красноярский край	Эвенкийский	2900.6	1.9E-03	5.43%	0.038
	Красноярский край	итог	22302.8	1.3E-02	36.86%	
	Общий итог		78186.0	3.0E-02	86.17%	
	Доля сухопутной территории		68.85%			

Обозначения:

S, км² – площадь пересечения аварийной зоны трассы и административного региона,

P, P% – вероятность и относительная вероятность падения на территорию,

Q чел/км² – средняя по региону плотность населения.

6.2 Оценка показателей риска для населения, проживающего вдоль трассы пуска № 6.2 и вблизи РП ОЧ

6.2.1 Оценка потенциальных рисков по трассе пуска № 6.2

На рисунке (Рисунок 6.2-1) показаны максимальные вероятности попадания в зону поражения аварийного изделия комплекса «128» при единичном пуске для человека, находящегося непосредственно на трассе пуска № 6.2 (нулевое боковое отклонение), соответствующие наиболее «жесткому» критерию допустимого риска, в зависимости от времени отказа и дальности по трассе.

Как видно из рисунков максимальные риски для человека, находящегося непосредственно на трассе пуска, достигаются вблизи точки старта и вблизи РП

первой ступени. Максимальные вероятности попадания человека в зону концентрации продуктов испарения компонентов КРТ, соответствующие смерти с вероятностью 0,5 при времени экспозиции 5 мин., составляют: вблизи точки старта $\sim 7 \cdot 10^{-4}$, на удалении $\sim 20-40$ км $\sim 10^{-5} \cdot 10^{-6}$.

Вероятности попадания в зону поражения взрывной волной (гибель и травмы людей на открытой местности и в зданиях) составляют соответственно – $\sim 4 \cdot 10^{-4}$ и $2 \cdot 10^{-6}$.

Максимальная вероятность гибели людей от попадания фрагментов не превышает вблизи старта величины $\sim 9 \cdot 10^{-6}$.

Для участка работы второй ступени наиболее вероятными являются риски поражения фрагментами разрушенного изделия комплекса «128», значения которых не превышают порядка $1 \cdot 10^{-9}$.

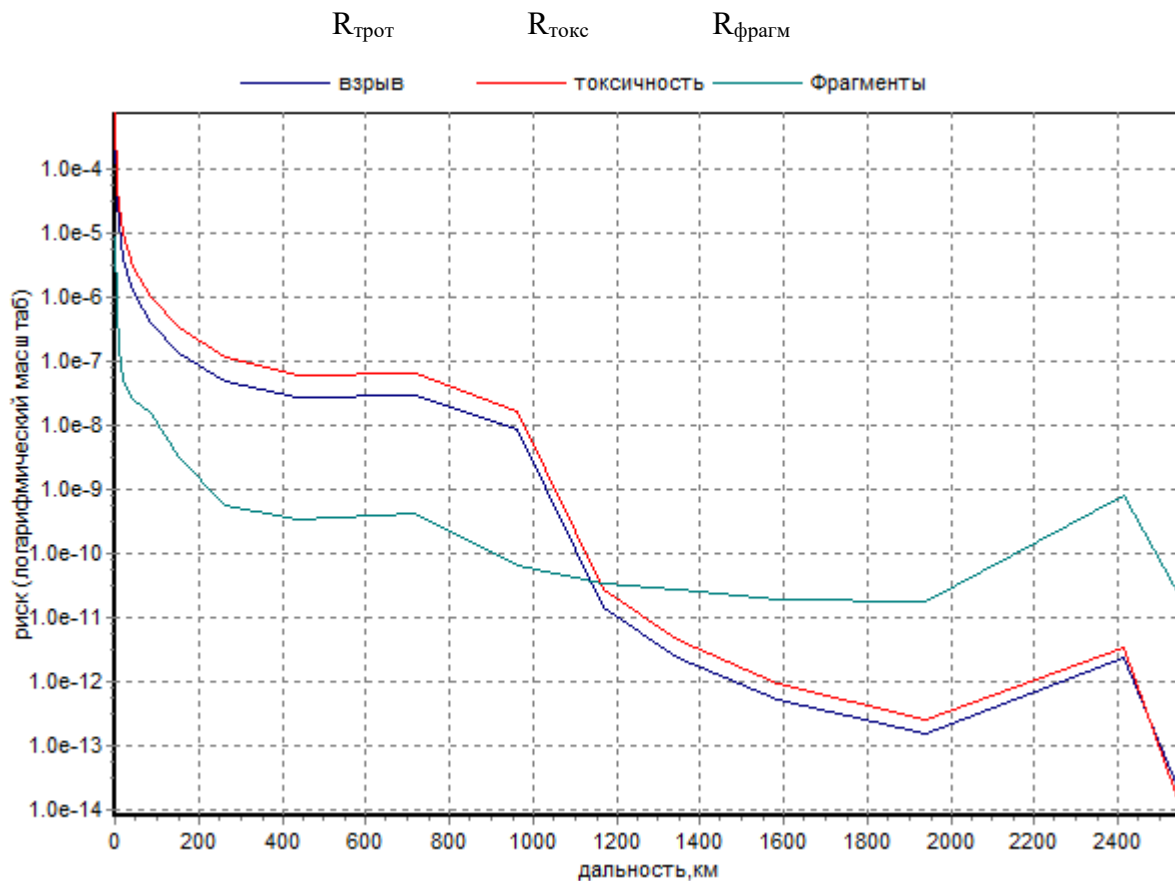


Рисунок 6.2-1 Максимальная вероятность попадания в зону поражения аварийного изделия комплекса «128» при единичном пуске для человека, находящегося непосредственно на трассе пуска № 6.1 (нулевое боковое отклонение) для следующих поражающих факторов:

$R_{\text{трот}}$ – УВВ при наземном взрыве, $R_{\text{фрагм}}$ – фрагменты изделия комплекса «128», $R_{\text{токс}}$ – продукты испарения.

Уровень риска более $\sim 1 \cdot 10^{-5}$ для всех поражающих факторов превышает только вблизи точки старта.

Таким образом, максимальная вероятность гибели или причинения существенного ущерба здоровью человеку вследствие аварии комплекса «128» на всем протяжении трассы № 6.2, за исключением короткого начального участка, не превышает значения критерия приемлемого риска.

6.2.2 Оценка рисков в населенных пунктах по трассе пуска № 6.2

Приведенный выше анализ показал, что трасса пуска проходит по малонаселенным территориям, что создает предпосылки для обеспечения приемлемой безопасности населения при проведении пуска.

Всего в аварийную зону трасы попадает 17 жилых НП общей численностью ~16.048 тыс. человек. Из них 1 поселок городского типа с численностью 10 тыс. жителей, остальные НП – поселки сельского типа с численностью в основном менее 500 жителей. Наиболее близко к точке старта (209 км) находятся поселки сельского типа Пинежского района Архангельской области, расположенные вдоль реки Пинега. Всего в этих поселках проживает 33 человека.

В таблице (Таблица 6.2-1) представлен перечень НП, расположенных вдоль трассы пуска, и оценки рисков населения для различных факторов поражения (для вероятности аварийного исхода ~0.035). По фактору поражения фрагментами аварийного комплекса «128» риски населения не превышают $5 \cdot 10^{-8}$. По фактору возможного поражения УВВ при взрыве ($\Delta p = 0.65 \text{ кг/см}^2$ -гибель людей на открытой местности, разрушение зданий) риски менее $\sim 1 \cdot 10^{-6}$.

По фактору поражения продуктами испарения КРТ (гибель человека с вероятностью 0,5 при времени экспозиции 5 мин.) риски населения не превышают $1 \cdot 10^{-6}$.

Таким образом, риски для населения в соответствии с рекомендациями /4, Таблица 1.6-1/ по всем поражающим факторам находятся на приемлемом уровне и ниже.

При проведении пуска изделия комплекса «128» разработчиком и пускающей организацией должны быть предусмотрены меры по обеспечению безопасности в ближайших к ТС и трассе населенных пунктах с использованием специальных сил и средств Минобороны и МЧС. Для ликвидации последствий в случае аварийной ситуации предусмотрены средства нейтрализации проливов и фрагментов, детоксикации грунта, пожаротушения, эвакуации населения, индивидуальной защиты.

Таблица 6.2-1 Перечень НП, расположенных вдоль трассы пуска № 6.2, и оценки рисков для населения при одном пуске изделия комплекса «128»

№	Субъект РФ район	NAME	тип	Nтч	t	Lтс,км	Zтр,км	Mт	Риск фр дом	Риск трот	Риск токс
	Архангельская обл.										
1	Пинежский	Почезерье	ПСТ	0.005	74.9	209	2.5	88.810	7.6E-11	3.1E-08	4.5E-08
2	Пинежский	Усть-Поча	ПСТ	0.006	75.3	212.9	2.6	88.314	1.5E-10	5.5E-08	7.9E-08
3	Пинежский	Прилук	ПСТ	0.022	75.5	214.9	4.9	88.066	9.0E-11	1.2E-08	1.6E-08
4	Лешуконский	Палуга	ПСТ	0.079	82.9	314.1	8.1	77.894	2.4E-12	2.0E-10	2.6E-10
5	Мезенский	Азаполье	ПСТ	0.112	83.0	316	0.7	77.737	2.7E-09	1.9E-07	2.4E-07
6	Мезенский	Целегора	ПСТ	0.118	83.1	318	2.9	77.580	1.3E-09	8.9E-08	1.1E-07
7	Мезенский	Мелогора	ПСТ	0.066	83.2	320	1.8	77.423	1.2E-09	1.1E-07	1.5E-07
8	Мезенский	Мосеево	ПСТ	0.079	87.1	386.3	8.1	72.147	9.2E-11	7.7E-09	9.7E-09
9	Мезенский	Калино	ПСТ	0.037	87.3	390.1	10.4	71.839	7.8E-12	1.0E-09	1.4E-09
10	Ненецкий А.О.	Ниж.Пеша	ПСТ	0.718	92.8	516.1	1.3	64.283	1.3E-08	4.2E-07	4.8E-07
11		Выучейский	ПСТ	0.167	96.6	623.9	9.2	59.049	7.2E-10	4.0E-08	4.7E-08
	Ямало-Ненецкий А.О.										
12	Ямальский	Новый-Порт	ПСТ	1.820	138.1	1539.7	13.9	21.446	6.9E-10	1.6E-08	1.7E-08
13	г.о. Новый-Уренгой	Уренгой	ПГТ	9.990	145.8	1788.9	26.6	16.444	2.9E-11	6.9E-10	7.0E-10
	Красноярский Край										
14	Туруханский	Бахта	ПСТ	0.220	158.9	2362.2	19.5	7.897	1.2E-09	4.1E-08	4.0E-08
15	Туруханский	Сумароково	ПСТ	0.072	161.7	2446.5	19.5	5.662	4.3E-10	2.0E-08	1.9E-08
16	Туруханский	Бор	ПСТ	2.496	162.7	2463.8	14.2	4.807	5.0E-08	1.0E-06	9.9E-07
17	Туруханский	Подкаменная- Тунгуска	ПСТ	0.041	162.8	2465.7	9.9	4.711	1.6E-09	9.2E-08	8.2E-08
				16.048							

Обозначения:

t , с – номинальное время отказа,

$L_{тс}$, км - удаленность НП от точки старта,

$N_{тч}$ – численность населения, тыс.чел.,

$Z_{тр}$ – боковое удаление от трассы, км,

$M_{т}$ – масса остатков топлива, т,

Риск, фрагм. – вероятность поражения человека на территории НП фрагментом,

$R_{иск, трот}$ – вероятность попадания НП в зону поражения от УВВ,

$R_{иск, токс}$ – вероятность попадания НП в зону поражения от продуктов испарения КРТ.

6.2.3 Оценка показателей безопасности для природных, социально-экономических и прочих объектов по трассе пуска № 6.2

Крупные природные и социально-экономические объекты в аварийной зоне трассы пуска в основном представлены гидрографическими объектами (озерами и реками), заповедниками, менее крупные - железными и автодорогами, коммуникационными линиями, сельскохозяйственными объектами и др.

6.2.3.1 Гидрография

Наиболее крупные гидрографические объекты с вероятностью падения на них более 10^{-6} приведены в таблице (Таблица 5.2-2).

Суммарная вероятность падения аварийного изделия комплекса «128» в гидрографические объекты (без акваторий морей) составляет $\sim 5 \cdot 10^{-4}$, в том числе расположенные на участке работы первой ступени $\sim 1.0 \cdot 10^{-4}$.

Падение в акватории гидрографических объектов на участке полета 1-ой ступени возможно без разрушения и взрыва изделия комплекса «128», вследствие чего возможно попадание компонентов КРТ в воду и ее загрязнение, объем которых зависит от дальности расположения. Наибольшая вероятность падения приходится на акватории Большого Квандозера (примыкающего к старту) и Ковозера (55 км от старта). Причем запас КРТ при аварии может составить от ~ 120 до ~ 190 тонн. Вероятность такого события не превышает $5 \cdot 10^{-5}$, т.е является достаточно малой величиной. В соответствии с рекомендациями МЧС РФ /4, Таблица 1.6-2/ при значительном ущербе (более

500 000 тыс.руб.) данная вероятность может быть отнесена к уровню «жесткого контроля», при меньшем ущербе соответствует уровню «приемлемого риска».

Поскольку априори оценить возможный уровень принесенного ущерба при аварии такого типа достаточно сложно, то данный риск отнесем к зоне «жесткого контроля».

Воздействие на объекты при падении на участке работы второй ступени будет незначительно в силу гарантированного разрушения изделия на дальности свыше ~1500 км, практически полного испарения в атмосфере остатков токсичных КРТ при высокотемпературном нагреве и падения на поверхность земли отдельных фрагментов конструкции изделия.

Таблица 6.2-2 Вероятность попадания аварийного изделия комплекса «128» или его фрагментов в объекты гидрографической сети (трасса № 6.2, уровень риска более 10^{-6})

Лтс,км	S,кв.км	P	Mт	тип	Наименование
0.1	0.01	1.7E-05	190.289	озера	Большое Квандозеро
55.3	7.18	4.4E-05	119.706	озера	Ковозеро
1968.0	4.84	5.7E-06	13.275	озера	
	2033.54	2.6E-04		озера	
29.2	2.77	4.4E-05	132.176	реки постоянные	СЕВ.ДВИНА
316.0	22.50	7.7E-06	77.737	реки постоянные	МЕЗЕНЬ
1935.8	37.90	2.1E-05	13.730	реки постоянные	ТАЗ
2275.3	23.45	1.5E-05	9.082	реки постоянные	ЕЛОГУЙ
2407.5	321.47	1.4E-04	7.279	реки постоянные	ЕНИСЕЙ
2479.3	46.15	2.7E-05	4.043	реки постоянные	ПОДКАМЕННАЯ ТУНГУСКА
	561.23	2.6E-04		реки постоянные	
	2594.77	5.2E-04		Общий итог	

Лтс, км – удаленность объекта от точки старта,

S, км² – площадь пресечения объекта и АЗТ,

P – оценка вероятности падения аварийного комплекса «128» на объект.

6.2.3.2 Особо охраняемые природные территории (ООПТ)

Единственной ООПТ, попадающей в аварийную зону трассы № 6.2 является заповедник Центрально-Сибирский. Вероятность падения аварийного

изделия комплекса «128» на территории ООПТ составляет $\sim 1 \cdot 10^{-3}$ (Таблица 6.2-3).

Воздействие на ОПС при падении в заповедник Центрально-Сибирский будет незначительно в силу сильного разрушения комплекса «128» на дальности падения свыше ~ 2400 км со значительной высоты полета, практически полного испарения в атмосфере остатков токсичных КРТ (суммарный остаток менее 7 т) при высокотемпературном нагреве и падения на поверхность земли отдельных несгоревших фрагментов конструкции. Вероятность падения на данные объекты не превышает уровня приемлемого риска.

Таблица 6.2-3 Вероятность попадания аварийного изделия комплекса «128» на территорию ООПТ

Лтс,км	S,кв.км	P	Мт	тип	Наименование
2403.4	2321	1.3E-03	7.336	заповедники	Центрально-Сибирский

6.2.3.3 Объекты транспортной сети

Суммарная вероятность падения аварийного изделия комплекса «128» на объекты железнодорожной сети оценивается величиной не более $5 \cdot 10^{-7}$ (Таблица 6.2-4Таблица 5.2-4), на объекты автодорожной сети $7 \cdot 10^{-6}$ (Таблица 6.2-5), то есть находятся в границах приемлемого риска при любом финансовом ущербе.

Участок ширококолейной железной дороги Архангельск-Карпогоры протяженностью ~ 9 км трасса пересекает на удалении ~ 150 км от точки старта.

Таблица 6.2-4 Вероятность попадания аварийного изделия комплекса «128» в объекты железнодорожной сети для трассы 6.2

L,км	P	тип
49.8	3.2E-08	ж.д. ширококолейные
86.3	4.9E-08	ж.д. ширококолейные
77.8	4.0E-08	ж.д. ширококолейные
9.2	3.3E-07	ж.д. ширококолейные
223.1	4.5E-07	

На удалении ~27 км от точки старта трасса пересекает автодорогу с усовершенствованным покрытием М-8, проходящую вдоль Северной Двины. Вероятность падения на эту дорогу не превышает $7 \cdot 10^{-7}$. Большую часть остальных дорог составляют зимники и грунтовые дороги.

Таблица 6.2-5 Вероятность попадания аварийного изделия комплекса «128» в объекты автодорожной сети для трассы 6.2

L,км	P	тип
2.3	7.4E-07	автодороги с усовершенствованным покрытием
63.2	3.7E-08	автодороги с покрытием
105.6	6.5E-07	грунтовые дороги без покрытия
465.2	3.4E-06	грунтовые дороги прочие
535.4	2.2E-06	зимние дороги
1171.7	7.0E-06	Общий итог

6.2.3.4 Объекты коммуникаций

Суммарная протяженность нефте- и газопроводов в аварийной зоне трассе № 6.1 составляет ~100 км (Таблица 5.2-6). Суммарная вероятность падения аварийного изделия комплекса «128» на объекты нефтегазовых коммуникаций не превышает $\sim 6 \cdot 10^{-08}$, что соответствует приемлемому риску.

Таблица 6.2-6 Вероятность попадания аварийного изделия комплекса «128» в объекты нефтегазовых коммуникаций

Lтс,км	L,км	P	тип
1412.1	50.5	3.3E-08	газопроводы подземные
1609.6	46.4	2.4E-08	газопроводы наземные
1711.3	3.8	8.5E-11	газопроводы наземные
	100.7	5.7E-08	Общий итог

Суммарная вероятность падения аварийного изделия комплекса «128» на объекты коммуникаций (ЛЭП, общая протяженность в АЗТ составляет ~62 км) не превышает $2 \cdot 10^{-6}$.

Таблица 6.2-7 Вероятность попадания аварийного изделия комплекса «128» в объекты коммуникаций

Lтс,км	L,км	P	тип
27.3	1.9	6.1E-07	линии электропередач
148.4	10.3	4.1E-07	линии электропередач
211.0	12.0	1.6E-07	линии электропередач

218.8	12.2	1.6E-07	линии электропередач
316.0	19.4	1.1E-07	линии электропередач
388.2	6.5	6.6E-09	линии электропередач
	62.3	1.5E-06	Общий итог

6.2.3.5 Опасные промышленные объекты

Анализ трассы пуска показал, что потенциально опасные промышленные объекты, входящие в перечень МЧС /14/, находятся на значительном удалении от трассы, что обеспечивает полную их безопасность в случае аварии изделия комплекса «128».

6.3 Оценка показателей риска попадания ОЧ изделия в населенные пункты, хозяйственные объекты инфраструктуры, природоохранные и другие объекты, расположенные в РП ОЧ и на прилегающих территориях для трассы № 6.2

Характеристики районов падения при проведении ЛИ по трассе № 6.2 приведены в таблице (Таблица 6.3-1). РП ГО, второй и третьей степени имеют форму эллипса с размерами осей А и В. РП ОЧ 1 степени имеет форму прямоугольника длиной А и шириной В.

Таблица 6.3-1 РП ОЧ для пуска № 6.2

Тип ОЧ	форма	φ	λ	L	A	B	Az	S, кв.км	M _О	M _Г
1 степень	п	69,7108	54,5366	948	100	65	46	6500,0	2,71	1,26
ГО	э	61,25	91,14	2524	120	60	120	6126,1	0,00	0,00
2 степень	э	61,25	91,14	2524	60	50	120	4712,4	1,482	0,679
3 степень	э	61,116	92,256	2573	60	50	120	4712,4		

форма РП: п - прямоугольник, э - эллипс

φ - геодезическая широта центра РП, градусы;

λ - геодезическая долгота центра РП, градусы;

L – сферическая дальность от точки старта, км;

A – размер большой оси эллиптического РП или длина прямоугольного РП (1 степени), км;

B – размер малой оси РП или длина прямоугольного РП (1 степени), км;

Az – азимут большой оси РП, градусы;

M_О – масс остатков окислителя, т;

M_Г – масса остатков горючего, т.

6.3.1 РП первой ступени для трассы 6.2

РП первой ступени расположен в акватории Баренцева моря напротив пролива Карские Ворота в ~100 км от острова Вайгач и в 57 км от архипелага Новая земля. Административно о. Вайгач относится к Ненецкому А.О., а архипелаг Новая земля – к Архангельской области.

Удаленность границ РП первой ступени от побережья материковой части Ненецкого А.О. (мыс Русский Заворот) составляет ~35 км. На побережье и в заливе Печорская губа расположен Ненецкий государственный природный заповедник (минимальное удаление 35 км от южной границы РП).

Глубины Баренцева моря в РП 1 ступени составляют 50-150 м. Вдоль северной и южной границ РП проходят морские пути из Мурманска и Архангельска в Нарьян-Мар, Диксон, Игарку и Владивосток.

Ближайший к РП жилой НП – поселок Амдерма (500 жит.) и Варнек (100 жит.) удалены от границ РП на расстояние ~113-120 км.

Экологическое воздействие от падения первой ступени будет незначительным ввиду быстрого растворения остатков КРТ в морской воде до допустимых концентраций.

Таким образом, падение первой ступени в РП для трассы 6.2 не создает угроз для населения и объектов наземной инфраструктуры. На время проведения пуска необходимо закрыть акваторию РП для морского судоходства и воздушных судов установленным порядком.

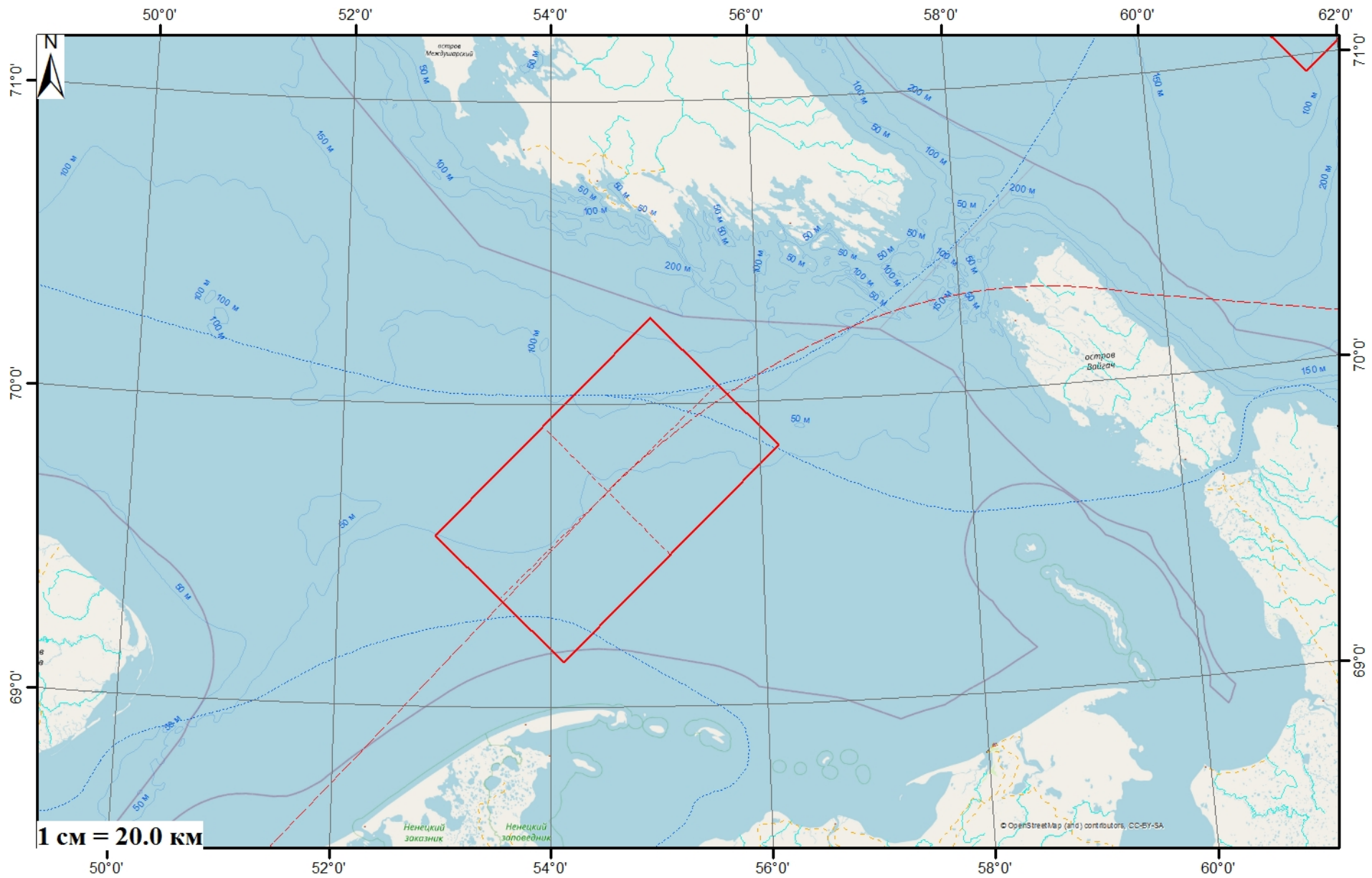


Рисунок 6.3-1 РП первой ступени для трассы № 6.2

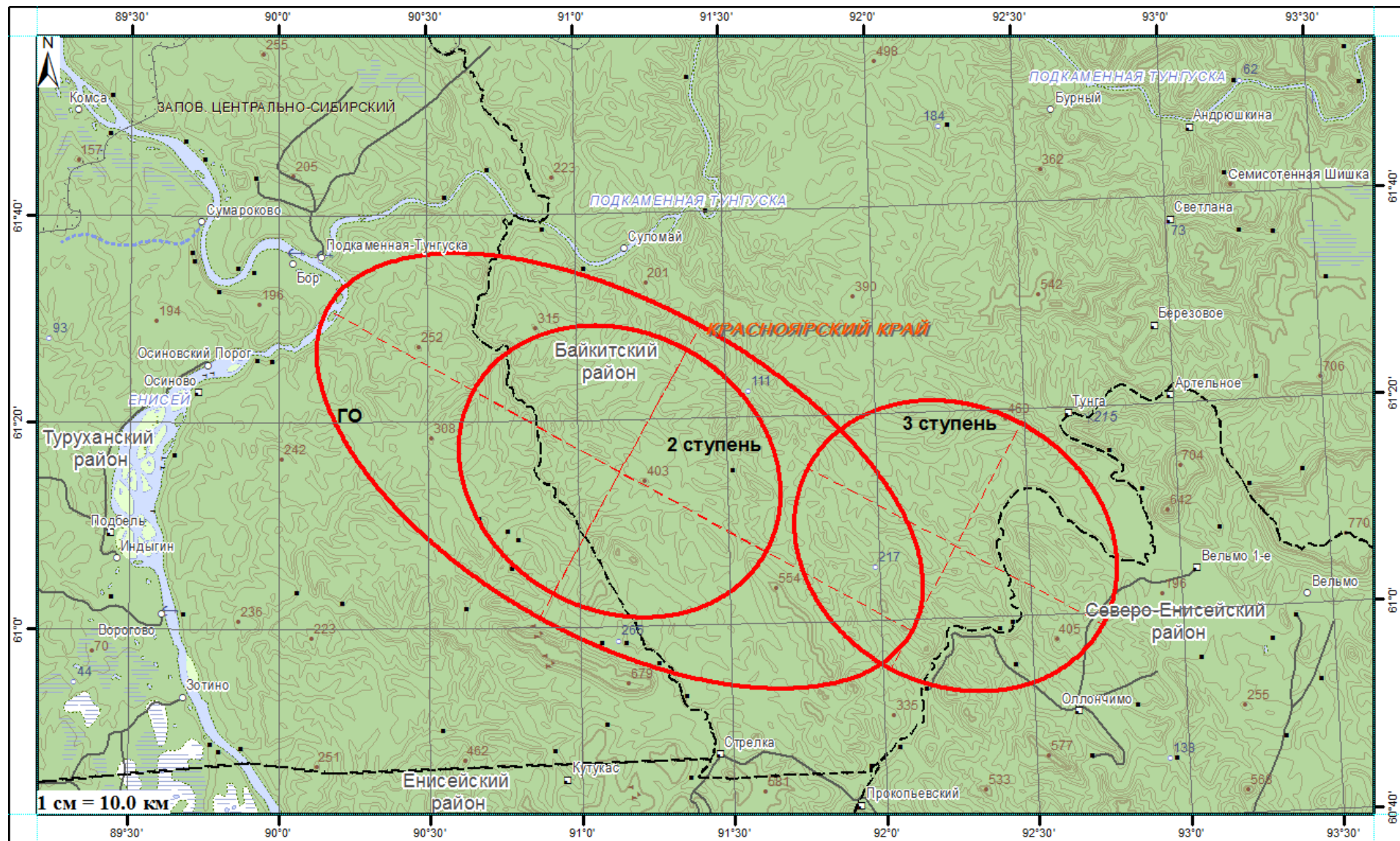


Рисунок 6.3-2 РП второй, третьей ступени и ГО для трассы № 6.2

6.3.2 РП второй, третьей ступеней и ГО для трассы пуска № 6.2

РП второй, третьей ступеней и ГО для вариантов трасс №№ 6.1 и 6.2 практически совпадают. Незначительное несовпадение РП связано с небольшим различием в азимутах осей РП (на 1-2°).

Объединенный РП второй, третьей ступеней и ГО расположен в Красноярском крае на территориях Байкитского, Туруханского и Северо-Енисейского районов. Площадь объединенного РП составляет 7358 кв.км.

Большая часть территории РП (64.3%) находится в Байкитском районе. Административный центр Байкитского района — село Байкит (200 км от границ РП, 2.9 тыс. жителей).

Таблица 6.3-2 Распределение территории РП второй, третьей ступеней и ГО для трассы № 6.2 по районам Красноярского края

№	S, кв.км	S%	Субъект РФ	район	Q, чел./км ²
1	4732.3	64.3%	Красноярский край	Байкитский	0.038
2	1974.3	26.8%	Красноярский край	Туруханский	0.075
3	651.0	8.8%	Красноярский край	Северо-Енисейский	0.298
	7357.6	100.0%			

Ближайшие жилые НП расположены в Туруханском и Эвенкийском районах. Учитывая удаленность НП от границ РП безопасность населения обеспечивается. Оценки рисков населения в населенных пунктах вблизи РП (Таблица 6.3-3) не превышают 10^{-6} , т.е. находятся на приемлемом и пренебрежимо малом уровне.

Таблица 6.3-3 Риски населения в населенных пунктах вблизи РП второй, третьей ступеней и ГО

№	R	dR	тип	Наименование	Nт.ч.	Rчел	Район
1	72.7	6.5	ПСТ	Подкаменная-Тунгуска	0.041	2.2E-08	Туруханский
2	76.7	9.4	ПСТ	Бор	2.496	8.4E-07	Туруханский
3	40.4	7.3	ПСТ	Суломай	0.181	4.0E-08	Эвенкийский
4	94.6	27.3	ПСТ	Сумароково	0.072	7.6E-10	Туруханский

R, км – удаленность от центра РП,

dR, км – удаленность от границ РП,

N т.ч. – численность (тыс. жителей),

R – риск гибели человека при падении ОЧ.

Объекты наземной инфраструктуры.

Объекты наземной инфраструктуры в РП практически отсутствуют. Автодороги представлены грунтовыми дорогами общей протяженностью ~130 км. Вероятность падения ОЧ на дорожную сеть оценивается величиной $2 \cdot 10^{-4}$.

ООПТ в границах РП и на прилегающих территориях не найдены.

Гидрографические объекты. РП находится вблизи места впадения реки Подкаменной Тунгуски в реку Енисей. Участок р. Енисей протяженностью 10 км попадает в РП ГО. Гидрографическая сеть представлена постоянными и пересыхающими реками, являющимися притоками Енисея и Подкаменной Тунгуски. Общая протяженность рек в РП ~1830 км. Наиболее крупными реками являются Чапа, Бол.Лебяжья, Вельмо, Тея, Бол.Черная. Суммарная вероятность падения ОЧ в объект гидрографической сети при одном пуске оценивается величиной $1.4 \cdot 10^{-02}$.

Таблица 6.3-4 Вероятность попадания ОЧ второй, третьей ступеней и ГО в наиболее крупные объекты гидрографической сети (трасса № 6.1)

L,км	P	тип
109.7	1.0E-03	Чапа
114.4	2.1E-03	Бол.Лебяжья
55.3	1.0E-04	Вельмо
10.4	3.4E-07	Тея
79.8	1.6E-03	Бол.Черная
....		
1829.6	1.4E-02	Общий итог

Падение ОЧ будет оказывать экологическое воздействие на окружающую среду, в первую очередь почву, растительность и водные объекты. При пуске РН в РП упадет вторая и третья ступени и ГО общей массой ~10.3 т. Конструкция ОЧ состоит в основном из металла (алюминиевые сплавы), вредные для окружающей среды вещества в конструкции отсутствуют.

Кроме того, в ОЧ второй и третьей ступеней в баках и внутренних полостях может содержаться до 6121 кг топлива (АТ + НДМГ). Учитывая значительную дальность падения ОЧ (2600 км) высока вероятность разрушения ОЧ в полете. При падении с разрушением ОЧ остатки КРТ рассеются в атмосфере. Таким образом, проливы КРТ в данных условиях маловероятны.

До проведения пусков должны быть разработаны мероприятия по минимизации последствий падения ОЧ на окружающую среду.

7 Основные результаты и выводы по безопасности рассмотренных РП ОЧ и трасс пусков изделия 128

Рассмотрены три варианта трасс пусков изделия 128 с космодрома Плесецк для проведения летных испытаний, различающихся расположением районов падения отделяющихся частей и прохождением трасс по поверхности земли.

Все варианты трасс проходят по малонаселённым территориям с низкой плотностью населения, что создает условия для обеспечения приемлемых уровней безопасности для населения.

Для всех трасс пусков максимальные потенциальные риски для человека, находящегося непосредственно на трассе пуска, практически на всем протяжении трасс не превышают пренебрежимо малого уровня, за исключением участков трасс, непосредственно примыкающих к стартовому комплексу и находящегося в пределах позиционного района космодрома Плесецк.

Трасса № 5.

Трасса № 5 проходит через территории семи субъектов РФ – Архангельской области, Ненецкого АО, Ямало-Ненецкого АО, Красноярского края, Республики Саха (Якутия), Магаданской области, Камчатского края и акваториям морей: Баренцевого, Карского, Лаптевых, Охотского.

В аварийную зону трасы попадает 22 жилых поселков общей численностью ~19.460 тыс. человек. Расчеты показали, что риски для населения по всем поражающим факторам (падение фрагментов, ударная волна, токсичное поражение) находятся на приемлемом и пренебрежимо малом уровне.

Крупные природные и социально-экономические объекты в аварийной зоне трассы пуска в основном представлены гидрографическими объектами (озерами и реками), заповедниками, менее крупные - железными и автодорогами, коммуникационными линиями, сельскохозяйственными объектами и др. Вероятность падения аварийного изделия на участке работы пер-

вой ступени в крупные гидрографические объекты (Бол. Квандозеро, Ковозеро, Сев. Двина) не превышает $\sim 2 \cdot 10^{-4}$. При проведении пусков необходимо предусмотреть мероприятия для ликвидации возможных последствий от попадания в водную среду остатков КРТ. Воздействие на объекты при падении на участке работы второй ступени будет незначительно в силу гарантированного разрушения изделия.

Риск повреждения объектов наземной инфраструктуры находится на приемлемом или пренебрежимо малом уровне.

РП первой ступени и ГО при пуске по трассе № 5 расположены в акватории Карского моря в ~ 115 км севернее острова Вайгач и в 80 км северо-западнее полуострова Ямал. Использование РП первой ступени и ГО не создает угроз для населения и объектов наземной инфраструктуры. На время проведения пуска необходимо закрыть акваторию РП для морского судоходства и воздушных судов установленным порядком. Экологическое воздействие от падения первой ступени будет незначительным ввиду быстрого растворения остатков КРТ в морской воде до допустимых концентраций.

РП второй ступени и третьей ступени, а также платформы верхнего яруса расположены в акватории Тихого океана северо-восточней Новой Зеландии (удаленность 1600-2300 км) 200-мильной экономической зоне Королевства Тонга. В РП второй, третьей ступеней и платформы верхнего яруса обеспечивается безопасность судоходства и полетов авиации при условии принятия штатных мер по закрытию РП на время проведения пуска.

Трасса № 6.1.

Трасса пуска № 6.1 проходит по сухопутным территориям пяти субъектов РФ – Архангельской области, Республики Коми, Ханты-Мансийского АО, Ямало-Ненецкого АО, Красноярского края.

Всего в аварийную зону трасы № 6.1 попадает 56 жилых НП общей численностью ~ 66.2 тыс. человек. Из них один город – Печора (37.6 тыс.жит.), 6 поселков с численностью 1.0-3.8 тыс. жителей, остальные НП –

поселки сельского типа с численностью в основном менее 500 жителей. Расчеты показали, что риски для населения по всем поражающим факторам (падение фрагментов, ударная волна, токсичное поражение) находятся на приемлемом и пренебрежимо малом уровне.

Крупные природные и социально-экономические объекты в аварийной зоне трассы пуска в основном представлены гидрографическими объектами (озерами и реками), заповедниками, менее крупные - железными и автодорогами, коммуникационными линиями, сельскохозяйственными объектами и др. Вероятность падения аварийного изделия на участке работы первой ступени в крупные гидрографические объекты не превышает $\sim 1 \cdot 10^{-4}$. При проведении пусков необходимо предусмотреть мероприятия для ликвидации возможных последствий от попадания в водную среду остатков КРТ. Воздействие на объекты при падении на участке работы второй ступени будет незначительно в силу гарантированного разрушения изделия.

Риск повреждения объектов наземной инфраструктуры находится на приемлемом или пренебрежимо малом уровне.

Для падения первой ступени предполагается использовать РП «Печора», расположенный в Республике Коми на территориях Печорского, Ижемского и Усинского районов. РП «Печора» использовался ранее для приема первой ступени и ГО РН «Космос-3М». с аналогичными компонентами КРТ (НДМГ + АТ). Учитывая значительную удаленность НП от границ РП первой ступени безопасность населения обеспечивается. Риски жителей в населенных пунктах вблизи РП находятся на пренебрежимо малом уровне.

Ближайшие к РП ОЧ объекты инфраструктуры: железная дорога ширококолейная, автомобильная дорога (Ухта-Печора и проходящие вдоль нее подземные нефтепроводы удалены от границ РП не менее, чем на 28 км, что обеспечивает их полную безопасность.

Падение ОЧ будет оказывать экологическое воздействие на окружающую среду, в первую очередь почву, растительность и водные объекты.

Конструкция ОЧ состоит из металла (в основном алюминиевые сплавы), вредные для окружающей среды вещества в конструкции отсутствуют. В баках и внутренних полостях ОЧ первой ступени будут содержаться остатки КРТ (АТ + НДМГ). Учитывая относительно небольшую дальность падения ОЧ первой ступени (712 км) высока вероятность падения ОЧ без разрушения в полете. В этом случае возможны проливы КРТ. Как показал опыт эксплуатации РН-аналога, при падении ОЧ на твердую поверхность возможны взрывы остатков КРТ. До проведения пусков должны быть разработаны мероприятия по минимизации последствий падения ОЧ на окружающую среду.

Совмещенный РП второй, третьей ступеней и ГО расположен в Красноярском крае на территориях Байкитского, Туруханского и Северо-Енисейского районов. Учитывая удаленность населенных пунктов от границ РП безопасность населения обеспечивается.

Объекты наземной инфраструктуры в РП практически отсутствуют.

РП находится вблизи места впадения реки Подкаменной Тунгуски в реку Енисей. Гидрографическая сеть представлена постоянными и пересекающимися реками, являющимися притоками Енисея и Подкаменной Тунгуски. Общая протяженность рек в РП ~1830 км. Учитывая значительную дальность падения ОЧ (2600 км) высока вероятность разрушения ОЧ в полете. При падении с разрушением ОЧ остатки КРТ рассеются в атмосфере. Таким образом, проливы КРТ в данных условиях маловероятны.

Трасса № 6.2.

Трасса пуска № 6.2 проходит по территориям четырех субъектов РФ – Архангельской области, Ненецкого АО, Ямало-Ненецкого АО, Красноярского края и акваторией морей: Баренцевого и Карского.

Всего в аварийную зону трасы № 6.2 попадает 17 жилых поселков общей численностью ~16.048 тыс. человек. Расчеты показали, что риски для населения по всем поражающим факторам (падение фрагментов, ударная

волна, токсичное поражение) находятся на приемлемом и пренебрежимо малом уровне.

Крупные природные и социально-экономические объекты в аварийной зоне трассы пуска в основном представлены гидрографическими объектами (озерами и реками), заповедниками, менее крупные - железными и автодорогами, коммуникационными линиями, сельскохозяйственными объектами и др. Вероятность падения аварийного изделия в крупные гидрографические объекты не превышает $\sim 5 \cdot 10^{-4}$. При проведении пусков необходимо предусмотреть мероприятия для ликвидации возможных последствий от попадания в водную среду остатков КРТ. Воздействие на объекты при падении на участке работы второй ступени будет незначительно в силу гарантированного разрушения изделия, практически полного испарения в атмосфере остатков токсичных КРТ при высокотемпературном нагреве и падения на поверхность земли отдельных фрагментов конструкции изделия.

Риск повреждения объектов наземной инфраструктуры находится на приемлемом или пренебрежимо малом уровне.

РП первой ступени расположен в акватории Баренцева моря напротив пролива Карские Ворота в ~ 100 км от острова Вайгач и в 57 км от острова Новая земля. Использование РП первой ступени не создает угроз для населения и объектов наземной инфраструктуры. На время проведения пуска необходимо закрыть акваторию РП для морского судоходства и воздушных судов установленным порядком. Экологическое воздействие от падения первой ступени будет незначительным ввиду быстрого растворения остатков КРТ в морской воде до допустимых концентраций.

РП второй и третьей ступеней для вариантов трасс №№ 6.1 и 6.2 практически совпадают. Совмещенный РП второй, третьей ступеней и ГО расположен в Красноярском крае на территориях Байкитского, Туруханского и Северо-Енисейского районов. Учитывая значительную удаленность НП от

границ РП безопасность населения обеспечивается. Объекты наземной инфраструктуры в РП практически отсутствуют.

Таким образом, для всех рассмотренных вариантов трасс пуска и районов падения отделяющихся частей изделия «128» обеспечиваются приемлемые уровни безопасности населения, природных и антропогенных объектов. Для вариантов трасс пусков № 5 и № 6.2 количество населения, проживающего вблизи трассы, в 4-3 раза меньше по сравнению с трассой для варианта 6.1. Эти трассы также имеют преимущество по безопасности районов падения, расположенных в морских акваториях.

Использованные источники

1 Дополнение 11 к Техническому заданию АО «ГРЦ Макеева» от 27.11.2012 г. №001/118-666-2012 на выполнение работы по теме: «Разработка комплекта заявочной уведомительной документации в обеспечение проведения государственной экологической экспертизы комплекса «128» на этапах лётных испытаний и эксплуатации».

2 «Методика определения показателей безопасности по трассам пусков и в районах падения отделяющихся частей ракет-носителей». ФГУП «ЦНИИмаш», 2007-2011.

3 Цифровая топографическая карта масштаба 1:1000000 на территорию Российской Федерации. Модель пространственных данных. Москва. ООО «ДАТА+». 2010 г.

4 Руководство по безопасности "Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах", Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 N 144.

5 ГОСТ Р 22.2.01-2015. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Порядок обоснования и учета мероприятий по гражданской обороне, мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера при разработке проектов планировки территорий. Дата введения 01.04.2016. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии

6 Программный комплекс на основе технологий геоинформационных систем для картографического обеспечения задач выбора новых трасс пусков и районов падения отделяющихся частей перспективных и существующих средств выведения, № 851.7553682.4130-02ФАП РКТ. ФГУП ЦНИИмаш, 2009

7 ArcGis 10. Руководство пользователя. ESRI, 2009г.

8 Федеральная служба государственной статистики. Демографический ежегодник России, 2019 г.

9 Федеральная служба государственной статистики (РОССТАТ). Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2020 года. Москва. 2020.

10 Федеральный закон от 20 августа 1993г. № 5663-1 «О космической деятельности». Раздел V. Безопасность космической деятельности.

11 Федеральный закон от 21.12.94 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

12 Положение о порядке создания, производства и эксплуатации (применения) ракетных и космических комплексов (Положение РК-11-КТ).

13 ГОСТ Р 22.0.07-95. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.

14 Приказ от 4 апреля 1996 года “О порядке разработки декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации”. Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (Приложение 2).

15 Методические подходы к расчету аварийной трассы, вероятных зон падения аварийных РН и их фрагментов, зон поражения и показателей безопасности по трассе полета РН. Межведомственная методика, ФГУП «ЦНИИмаш», 2007

16 Экологические проблемы и риски воздействия ракетно-космической техники на ОПС. Справочное пособие. М. «Анкил», 2000.

17 Положение по обеспечению пусков РКН (МБР) с космодрома «Байконур» районами падения отделяющихся частей. Приказ Генерального директора Росавиакосмоса от 27.12.01 № 158.

18 Методические подходы к расчету аварийной трассы, вероятных зон падения аварийных РН и их фрагментов, зон поражения и показателей безопасности по трассе полета РН. Межведомственная методика, ФГУП «ЦНИИмаш», 2007.

19 Экологические проблемы и риски воздействия ракетно-космической техники на ОПС. Справочное пособие. М. «Анкил», 2000.

20 Расчет размеров и расположения зон падения РН «Днепр» в случае аварийного исхода пуска. Часть 1. Выведение КА на солнечно-синхронную орбиту при пуске из космодрома «Байконур». ГКБ «Южное», 2006.

21 Решение от 31.08.1999 г. о завершении работы Российской и Казахской правительственных комиссий по аварийному пуску 5 июля 1999г. ракеты-носителя «Протон» с космодрома «Байконур».

22 Протокол от 18.11.1999 г. совместного заседания Казахстанской и Российской Правительственных комиссий по аварии РН «Протон», запущенной с космодрома «Байконур» 27 октября 1999 года.

23 Материалы оценки воздействия на окружающую среду РКК 14К203 при создании и эксплуатации на космодроме «Байконур». ЗАО «ЭКА», 2003.

24 Единые правила безопасности при взрывных работах. ПБ 13-407-01. НПО ОБТ, М., 2002.

25 Методика оценки последствий аварий на пожаро-, взрывоопасных объектах. Бодриков О.В., Елохин А.Н., Рязанцев Б.В., Рыжиков В.С. М.: ВНИИ ГОЧС, 1994.

26 ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

27 Руководящий материал по ликвидации аварийных больших КРТ - Л.:ГИПХ, 1981, 172 с.

28 Исследование проблем вредного воздействия РН и РБ на окружающую среду». НИР 801-9152 «Экос-Н». ГИПХ.1992г.

29 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». САН-ПИН 1.2.3685-21. Постановление главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 2.