

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «НПЦ»

«ЭКОПРОМСЕРТИФИКА»

В.М. Шереметьев

2023 г.



**Проект технической документации по экологической безопасности создания и эксплуатации ракетно-космического комплекса 14К248 на космодроме Плесецк**

**Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк**

**Книга 4**

2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ .....	3
<b>Приложение 1.</b> Общие сведения о космодроме Плесецк .....	6
<b>Приложение 2.</b> Общая характеристика компонентов ракетного топлива, используемых в составных частях РКК 14К248 .....	16
1 Несимметричный диметилгидразин .....	16
2 Азотный тетраоксид ингибированный .....	33
3 Гидразин 39	
4 Углеводородное горючее РГ-1 .....	43
5 Жидкий кислород.....	45
6 Теплоноситель ЛЗ-ТК-2 .....	46
Список использованных источников к приложению 1 .....	48
<b>Приложение 3.</b> Копия приказов об утверждении заключений экспертных комиссий ГЭЭ на КРК «Ангара».....	51
<b>Приложение 4.</b> Расчет рассеивания загрязняющих веществ от источников выбросов, расположенных на ЗС 11Г143 (площадка 151А).....	53
<b>Приложение 5.</b> Расчет рассеивания загрязняющих веществ от источников выбросов, расположенных на УСК 14П221 (площадка 35).....	65

## ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

АОХВ	– аварийно-опасное химическое вещество
АПВТ	– аварийные пределы воздействия токсиканта
АТ	– азотный тетраоксид
АТИН	– азотный тетраоксид ингибированный
БВД	– баки высокого давления
БНД	– баки низкого давления
БПК	– биохимический показатель кислорода
БХК	– блок хранения ксенона
ВТИ	– внешнетраекторные измерения
ГИП	– государственный испытательный полигон
ГО	– головной обтекатель
ГОСТ	– государственный (национальный) стандарт
ГСМ	– горюче–смазочные материалы
ГСО	– геостационарная орбита
ГЭЭ	– государственная экологическая экспертиза
ДМА	– диметиламин
ДСД	– допустимая суточная доза
ДУ	– двигательная установка
ДУСООЗ	– двигательная установка стабилизации, ориентации и обеспечения запуска
ДУОСК	– двигательная установка ориентации, стабилизации и коррекции
ДЭС	– дизельная электростанция
ЖК	– жидкий кислород
ЗИП	– запасные части, инструменты и принадлежности
ЗС	– заправочная станция
ИКК	– измерительный комплекс космодрома
КА	– космический аппарат
КГЧ	– космическая головная часть
КК	– космический комплекс
КРБ	– комплекс разгонного блока
КРК	– космический ракетный комплекс

КРН	– комплекс ракеты носителя
КРТ	– компоненты ракетного топлива
КСИСО	– комплекс средств измерения, сбора и обработки информации
МДМГ	– метилендиметилгидразин
МДУ	– маршевая двигательная установка
МИК	– монтажно–испытательный корпус
НАКУ	– наземный автоматизированный комплекс управления
НДМА	– нитрозодиметиламин
НДМГ	– несимметричный диметилгидразин
НИК	– наземный измерительный комплекс
НКУ	– наземный комплекс управления
ОБУВ	– ориентировочный безопасный уровень воздействия
ОВОС	– оценка воздействия на окружающую природную среду
ОИП	– отдельный измерительный пункт
ОКИК	– отдельный командный измерительный комплекс
ОКП	– околоземное космическое пространство
ОС	– окружающая среда
ОСТ	– отраслевой стандарт
ОСЧ	– особоचितый
ОЧ	– отделяющаяся часть
ПДК	– предельно–допустимая концентрация
ПДК <sub>мр</sub>	– максимально разовая предельно допустимая концентрация в воздухе населённых мест
ПДК <sub>п</sub>	– предельно допустимая концентрация в почве
ПДК <sub>рз</sub>	– предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны
ПДК <sub>рх</sub>	– предельно допустимая концентрация в воде водоёмов рыбохозяйственного назначения
ПДК <sub>сс</sub>	– среднесуточная предельно допустимая концентрация в воздухе населённых мест
ПДК <sub>хб</sub>	– предельно допустимая концентрация в воде водоёмов хозяйственно-бытового назначения
ПО	– аварийно большой пролив
ПхО	– переходной отсек

РБ	– разгонный блок
РД	– руководящий документ
РКД	– ракетно-космическая деятельность
РКК	– ракетно-космический комплекс
РКН	– ракета космического назначения
РКТ	– ракетно-космическая техника
РН	– ракета–носитель
РП	– район падения
ССПД	– система связи и передачи данных
СТД	– стационарный электротермокаталитический двигатель
СТР	– система терморегулирования
СУ	– система управления
СУ	– системы управления
ТБО	– твердые бытовые отходы
ТЗ	– техническое задание
ТК	– технический комплекс
ТМИ	– телеметрическая информация
ТМТ	– тетраметилтетразен
ТТЗ	– тактико-техническое задание
ТУ	– технические условия
УКПО	– унифицированный комплект проверочного оборудования
УСК	– унифицированный стартовый комплекс
УТК	– унифицированный технический комплекс
ФА	– формальдегид
ЦОИ	– центр обработки информации
ЦСОАИ	– центр сбора, обработки и анализа информации

## **Общие сведения о космодроме Плесецк**

Космодром Плесецк является единственным космодромом на европейском континенте, расположен в 180 километрах к югу от г. Архангельска неподалеку от железнодорожной станции «Плесецкая» Северной железной дороги.

Расположенный в относительной близости от Москвы (900 км) и от основных предприятий и организаций, осуществляющих разработку и производство ракетно-космической техники, космодром Плесецк по своим климатическим характеристикам и сейчас остается более предпочтительным для осуществления полетов человека в космос, чем космодром Байконур.

Для решения очень многих научно-исследовательских и практических задач необходимо выводить спутники на полярные и околополярные орбиты, а для таких орбит вращение Земли помогает одинаково, независимо от места старта космической ракеты – на экваторе, Байконуре или в Архангельской области.

Особенностью баллистических ракет, которые используются для запусков спутников, является отделение в полете отработавших элементов конструкции – ступеней, головных обтекателей, хвостовых отсеков. Для безопасного падения отделившихся частей ракет выделяются районы падения, которые должны располагаться в ненаселенной местности. При проведении пусков ракет со стартовых комплексов «Ангара» отработавшие конструкции падают в необжитых районах Крайнего Севера, Сибири и в акватории морей Северного Ледовитого океана.

Таким образом, район, где расположен космодром Плесецк, по всем параметрам удовлетворяет требованиям к месту запусков космических аппаратов, его особое географическое месторасположение позволяет запускать космические аппараты на околоземные орбиты с различными наклонениями.

11 января 1957 года Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР №61-39 в Плесецком районе Архангельской области было создано соединение межконтинентальных баллистических ракет – военный объект с условным наименованием «Ангара». 7 февраля 1959 года объекту «Ангара» присвоено наименование «3-й Учебный артиллерийский полигон» (3 УАП).

Ракетные комплексы объекта «Ангара», как первая отечественная ракетная база МБР «Р-7» и «Р-7А», должны были стать противовесом стратегической

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 4

бомбардировочной авиации США с ядерным боекомплектом на борту и не планировались для запусков космических аппаратов.

При выборе местоположения объекта «Ангара» на севере европейской части России в первую очередь учитывались:

- досягаемость территории вероятного противника;
- возможность проведения и контроля испытательных пусков в район полигона на полуострове Камчатка;
- необходимость размещения ракетных комплексов на возможно большем удалении от южных границ, вдоль которых строились военно-воздушные базы США;
- необходимость в особой скрытности и секретности;
- близость железнодорожного узла;
- наличие малонаселенных зон падения первых ступеней ракет-носителей.

2 января 1963 года принято Постановление ЦК КПСС и Совета Министров ССС №13-5 о строительстве «Научно-исследовательского испытательного полигона ракетного и космического вооружения МО СССР» (НИИП) рядом со станцией Илеза Вельского района Архангельской области.

16 сентября 1963 года постановлением Совета Министров ССС №999-347 на базе 3 УАП и НИИП образован «53 Научно-исследовательский испытательный полигон» (53 НИИП).

К этому времени за короткий срок были построены, введены в эксплуатацию и поставлены на боевое дежурство 15 пусковых установок для четырех типов ракет: «Р-7А», «Р-9А», «Р-16» и «Р-16А». Необходимость использования объекта «Ангара» как космодрома была продиктована необходимостью увеличения количества запусков космических аппаратов, в том числе военного назначения.

В декабре 1989 года на базе структурных объединений 53 НИИП был создан Центр испытаний и применения космических средств. 26 апреля 1990 года директивой Генерального штаба ВС СССР 53 НИИП переименован в 53 Государственный испытательный полигон (53 ГИП).

В июле 1993 года Центр испытаний и применения космических средств переименован Главный центр испытаний и применения космических средств. 11 ноября 1994 года Указом Президента РФ № 2077 на базе Главного центра испытаний и применения космических средств был создан Государственный

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 4

испытательный космодром Плесецк Министерства обороны Российской Федерации в составе Военно-космических сил. 15 декабря 1997 года 53 ГИП вошел в состав 1 ГИК МО РФ.

В истории космодрома Плесецк было много событий, которые сформировали его современный статус. Но две даты для космодрома особенно важны: 15 июля 1957 года полковник Григорьев М.Г. подписал приказ № 1, в котором объявил о вступлении в должность командира воинской части и начале формирования соединения МБР - объекта «Ангара» (этот день считается днем образования космодрома) и 17 марта 1966 года, когда космодром осуществил запуск первого космического аппарата «Космос-112».

С этого момента началась интенсивная эксплуатация космодрома. В 70-80-е годы с него производилось до 40 процентов всех мировых космических пусков. С увеличением количества и типов запускаемых в нашей стране искусственных спутников Земли продолжался процесс создания новых технических и стартовых комплексов. Эти комплексы предназначались для подготовки и запуска космических аппаратов при помощи ракет-носителей легкого класса. В 1967 году начались пуски ракет-носителей «Космос-2» и «Космос-3», а с 1977 года – «Циклон-3».

Уже в 1976 году космодром Плесецк занял первое место в мире по числу запусков автоматических космических аппаратов.

Впоследствии космодром не раз становился первым в решении задач освоения космического пространства. На его счету первый спутник по программе международного сотрудничества «Интеркосмос» (1968 год, «Космос-261»); первый иностранный спутник, запущенный отечественной ракетой-носителем (1972 год, французский «МАС-1»). С тех пор со стартовых площадок космодрома Плесецк выполнено около 70 программ с иностранным участием, на орбиты выведены полезные нагрузки заказчиков и партнеров из 24 стран мира. «юбилейные» спутники: «Космос-500» (1972 год); «Космос-1000» (1978 год); «Космос-1500» (1983 год); «Космос-2000» - 1989 год. Полувековая история становления и развития космодрома, каждый его этап непосредственно связан с Вооруженными Силами России. Космодром Плесецк представляет собой сложный научно-технический и социально-экономический комплекс, входящий в состав космических войск.

Космические аппараты, запускаемые со стартовых комплексов космодрома, обеспечивают российских потребителей информацией в интересах национальной обороны и безопасности. Специалисты космодрома участвуют в реализации программ международного сотрудничества и социально-экономических программ, проводят летно-конструкторские и государственные испытания космических комплексов.

На сегодняшний день космодром Плесецк обеспечивает гарантированный выход России в космос и её национальную безопасность. В настоящий момент для выполнения поставленных задач космодром имеет:

8 пусковых установок ракет-носителей (5 легкого и 3 среднего класса);

23 технических комплекса подготовки ракет космического назначения и космических аппаратов;

многофункциональная ЗС для заправки ракет-носителей, разгонных блоков и космических аппаратов компонентами ракетных топлив;

около 1500 зданий и сооружений;

более 300 км автомобильных дорог;

более 1000 км линий электропередач;

более 230 объектов энергоснабжения.

На космодроме эксплуатируются:

- ракета-носитель легкого класса «Рокот»;

- ракеты-носители среднего класса «Союз-2» этапов 1а и 1б;

проводятся испытания:

- ракеты-носителя легкого класса «Союз-2» этапа 1в;

- ракеты-носителя легкого класса «Ангара-1.2»;

- ракеты-носителя тяжелого класса «Ангара-А5».

Эксплуатация ракет-носителей «Циклон-3», «Космос-3М», «Молния-М» прекращена с 2010 г., ракеты-носителя «Союз-У» - с 2012 года.

Высококвалифицированный персонал обеспечивает выполнение запусков по различным космическим программам, включая программы мониторинга окружающей среды, спутниковой связи, дистанционного зондирования, контроля за природными ресурсами.

Современное оборудование обеспечивает подготовку космических аппаратов на технических комплексах, подготовку ракет-носителей, предстартовую

подготовку и пуск ракет космического назначения, контроль за экологической обстановкой на космодроме и прилегающих территориях.

Исходя из приоритетов, определенных Президентом Российской Федерации в области космической деятельности, развитие космодрома Плесецк направлено на создание инфраструктуры перспективных ракет-носителей легкого, среднего и тяжелого классов.

В июле 2017 года космодром Плесецк отметил свой 60-летний юбилей. За этот период с его стартовых площадок проведено более 1600 пусков ракет-носителей, из этого количества 54 пуска были аварийными, доля успешных пусков составила 96 %. По этому показателю космодром Плесецк является одним из самых надежных космодромов в мире. Более 2 000 космических аппаратов было выведено на орбиту, проведено около 480 пусков баллистических ракет, испытано 13 ракетных комплексов, 3 из которых несут боевое дежурство в настоящее время.

Создаются и проходят испытания технические и стартовые комплексы для подготовки перспективных космических аппаратов различного назначения и ракет-носителей. Центрами и войсковыми частями успешно решаются задачи по освоению новых образцов ракетно-космической техники.

Космодромом Плесецк обеспечивается основная часть космических программ, связанных с оборонными, народнохозяйственными, научными и коммерческими пусками непилотируемых космических аппаратов.

За период 2000-2020 гг. с космодрома Плесецк проведено 178 пусков ракет различного назначения. Статистика пусков ракет с космодрома Плесецк за период 2000-2020 гг. приведена в табл. П1-1.

На рис. П1-1 показана динамика пусков ракет с космодрома Плесецк.

За период 2000-2020 гг. с космодрома «Плесецк» проведено 65 пусков ракет с использованием только морских районов падения (~50% от всех пусков ракет космического назначения). При этом 52 пуска из 65 приходилось на долю РН, использующих токсичные КРТ (РН «Рокот» и РН «Космос-3М»). В общем случае за период 2000-2020 гг. сухопутные районы падения ОЧ РН под «гептильные» ракеты использовались 6 раз (последний раз в 2009 году).

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк. Книга 4

Таблица П1-1 - Статистика пусков ракет с космодрома Плесецк с 2000 г. по 2020 г.

Тип ракет	ГОДЫ											
	2000-2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Итого
РН, использующие в качестве КРТ топливную пару «жидкий кислород + керосин»												
«Союз-2» (1а, 1б)	5	5/1	1	2	6	4	3	3	3	4	6	42 / 1
«Союз-2» (1в)				1	-	1 / (1)	-	1	1	2	-	6 / (1)
«Союз-У»	10/1	1	1	эксплуатация прекращена								12 / 1
«Молния»	11/1	эксплуатация прекращена										11 / 1
«Ангара-А5»					1	-	-	-	-	-	1	2
«Ангара-1.2»					1	-	-	-	-	-	-	1
РН, использующие в качестве КРТ высокотоксичные КРТ «амил (меланж) + гептил»												
«Космос-3М»	21/1	эксплуатация прекращена										21 / 1
«Циклон-3»	5/1	эксплуатация прекращена										5 / 1
«Рокот»	14/1	1/(1)	1	4/(1)	2	3	2	1	2	2	-	32 / 1 (2)
Твердотопливные ракеты												
типа «Тополь»	24	3/1	2	2	4	2	2	4	1	1	1	46 / 1
Итого												
	88/5	10/3	5	9/1	14	10/(1)	7	9	7	9	8	178 / 7 (3)
Примечание: через дробь указано количество аварий РН; в скобках указано количество аварий (нештатных ситуаций) на участке выведения орбитального блока.												

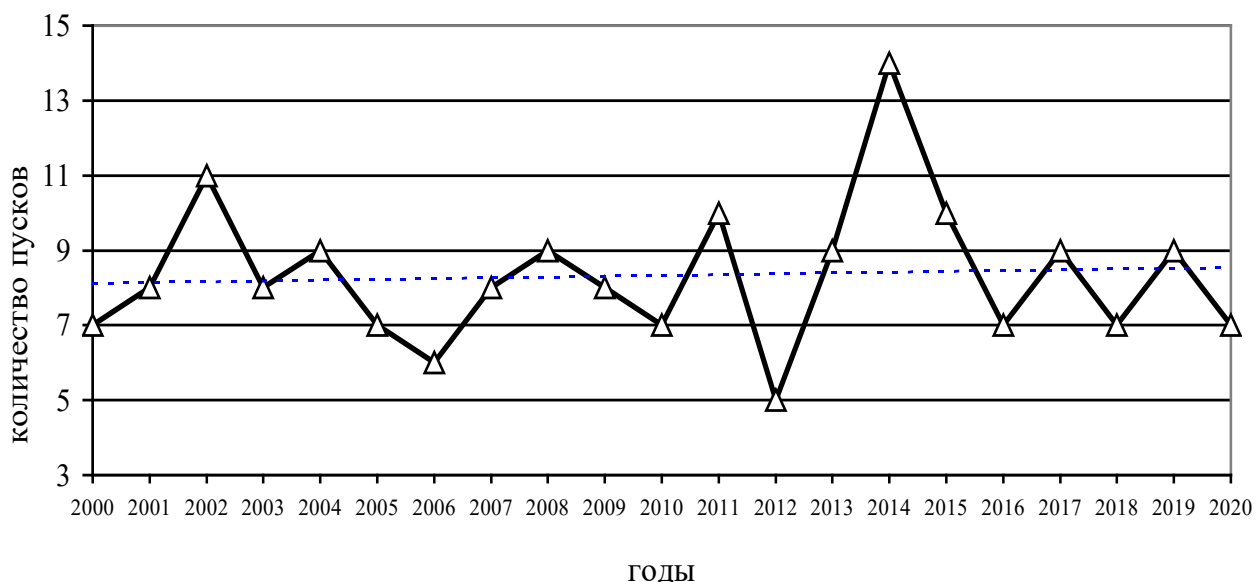


Рисунок П1-1 - Динамика пусков ракет с космодрома Плесецк за период 2000-2020 гг.

Космическая деятельность согласно Закону Российской Федерации от 29.11.1996 № 147-ФЗ «О космической деятельности» находится в ведении Российской Федерации и общее руководство космической деятельностью осуществляет Президент Российской Федерации, а Правительство Российской Федерации реализует государственную политику в области космической деятельности, координирует деятельность федеральных органов исполнительной власти и организаций, участвующих в осуществлении космической деятельности, а также обеспечивает функционирование и развитие ракетно-космической отрасли и космической инфраструктуры.

Согласно статьи 18 указанного закона космическая инфраструктура Российской Федерации включает в себя кроме космодромов со стартовыми комплексами и пусковыми установками, также и районы падения (РП) отделяющихся частей (ОЧ) ракет, причем в той мере, в какой они используются для обеспечения или осуществления ракетно-космической деятельности, а выделение земельных участков и использование их под объекты космической инфраструктуры и прилегающие к ним зоны отчуждения осуществляются в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Конкретные правовые вопросы использования РП ОЧ ракет регламентируются постановлением Правительства Российской Федерации от 31.05.1995 № 536 «О порядке и условиях эпизодического использования районов падения

отделяющихся частей ракет». Этот документ устанавливает необходимость возмещения прямого материального и экологического ущерба, возникающего в результате падения ОЧ ракет, обеспечения безопасности населения и окружающей среды, проведения экологических обследований РП, работ по эвакуации и утилизации ОЧ ракет, компенсационных выплат субъектам Российской Федерации за разовое использование РП в коммерческих целях. Причем, использование РП ОЧ ракет должно осуществляться в соответствии с договорами, заключенными Минобороны России с органами исполнительной власти соответствующих субъектов Российской Федерации.

В настоящее время в связи с уменьшением количества пусков ракет происходит снижение нагрузки на РП. Для приема отделяющихся частей ракет, пускаемых с космодрома «Плесецк» отведены 21 район падения, однако реально задействуются 10 для пусков ракет космического назначения (см. табл. П1-2) и 3 для пусков испытательных ракет в интересах РВСН. РП «Мосеево» (площадь РП - 2233 км<sup>2</sup>), РП «Волоковая» (площадь РП - 2750 км<sup>2</sup>), РП «Тамбей» (площадь РП - 6330 км<sup>2</sup>) не используются с 2004 года, РП «Печора» (площадь РП - 3390 км<sup>2</sup>) - с 2000 года, РП «Киприяново» - с 1981 г., РП «Новая Земля» - с 1979 г.

Кроме того, для испытательных пусков ракет с космодрома «Плесецк» в интересах РВСН используются районы падения РП «Сия» (площадь РП – 1246 км<sup>2</sup>), РП «Пинега» (площадь РП – 1413 км<sup>2</sup>), РП «Новая Пеша» (площадь РП – 1037,5 км<sup>2</sup>), РП «Двинской» (не используется с 1998 г.), РП «Бычьё» (не используется с 1977 г.). До 2002 года вместо РП «Новая Пеша» использовался РП «Мосеево». В период 2006-2015 гг. РП «Пинега» использовался 14 раз, РП «Сия» - 10 раз.

Космодром Плесецк, как и все космодромы мира, оказывает заметное влияние на развитие экономики. В Архангельской области это занятость 30 тыс. жителей Плесецкого района, создание новых рабочих мест, возрождение строительной индустрии, развитие инфраструктуры, сельского хозяйства, всех видов связи, проведение космического мониторинга земель области, оперативное обнаружение лесных пожаров и др.

Таблица П1-2 - Перечень основных РП ОЧ ракет, используемых при пусках с космодрома «Плесецк» в период 2006-2018 гг.

Тип РН	Название сухопутного РП (территориальная принадлежность)	Площадь РП, км <sup>2</sup>	Количество использования
РН «Союз-2» (1а, 1б)	«Вашка» (Архангельская обл., Республика Коми)	2510	15
	«Железнодорожный» (Республика Коми)	2140	
	«Тобольск» (Тюменская обл., Омская обл.)	8540	
РН «Союз-2» (1а, 1б)	«Олема» (Архангельская обл.)	1583	16
	«Усть-Цильма» (Республика Коми)	1890	
	«Яр-Сале» (Ямало-Ненецкий АО)	5990	
РН «Союз-2» (1а, 1б)	«Койда» (Архангельская обл.)	2677	7
	«Шойна (Ненецкий АО)	1890	
РН «Ангара-А5»	«Вуктыл» (Республика Коми)	4712	2
	«Колпашево» (Томская обл.)	6283	

На космодроме сосредоточен большой интеллектуальный потенциал. Большую роль играет космодром и в патриотическом воспитании молодежи.

Военнослужащие и гражданский персонал космодрома Плесецк, члены их семей проживают в г. Мирный, который является административным и жилым центром космодрома Плесецк и образует муниципальное образование «Мирный» со статусом городского округа.

Город Мирный расположен на берегу озера Плесцы. Площадь самого города — 5081 га. Муниципальное образование городской округ «Мирный» вытянуто с запада на восток и граничит с муниципальными образованиями: «Виноградовский муниципальный район», «Плесецкий муниципальный район» и «Холмогорский муниципальный район» Архангельской области.

Площадь закрытого административно-территориального образования (ЗАТО) «Мирный», куда входит площадь города, территория космодрома и окружающего лесного массива составляет 1762 км<sup>2</sup>, территория простирается с севера на юг на 46 км и с востока на запад на 82 км (см. рис. П1-2). Границы

ЗАТО «Мирный» были утверждены указом Президента Российской Федерации от 14 января 2003 года №37.



Рисунок П1-2 - Расположение ЗАТО «Мирный» и космодрома Плесецк на карте Архангельской области

Населённый пункт возник в 1957 году, как военный городок при соединении межконтинентальных баллистических ракет. Впоследствии на базе соединения был создан космодром Плесецк, а Мирный в 1966 году преобразован в ЗАТО областного подчинения.

В 9 километрах от города находится райцентр Плесецк, с которым Мирный соединён автомобильной и железной дорогами. В черте Мирного находится железнодорожная станция Городская, откуда начинается железнодорожная сеть космодрома. В 8 километрах от города расположен военный аэродром Плесецк.

Численность населения в г. Мирный на 01.01.2021 составила 33,3 тыс. чел. Динамика численности населения в г. Мирный за период 1996-2021 гг. приведена на рис. П1-3.

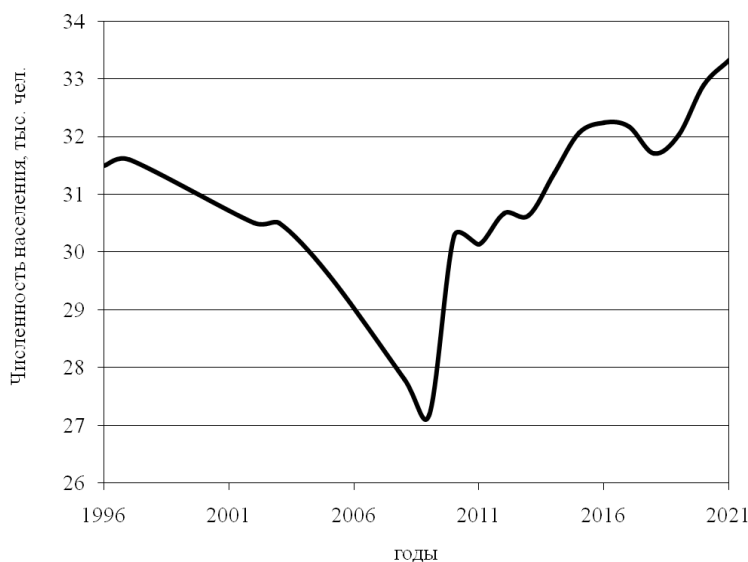


Рисунок П1-3 - Динамика численности населения г. Мирный (1996-2021 гг.)

## Общая характеристика компонентов ракетного топлива, используемых в составных частях РКК 14К248

В качестве компонентов ракетного топлива и рабочих жидкостей в составных частях РКК 14К248 используются такие химически активные и токсичные соединения, как:

- гидразин (обиходное название *амидол*) – горючее, использующееся в КА 14Ф166А (14Ф166);
- несимметричный диметилгидразин (НДМГ, обиходное название *гептил*) – горючее, использующееся в БНД и БВД РБ «Бриз-М»;
- азотный тетраоксид (АТ, обиходное название – *амил*) – окислитель, использующийся в БНД РБ «Бриз-М»;
- азотный тетраоксид ингибированный (АТИН, обиходное название – *амилин*) – окислитель, использующийся в БВД РБ «Бриз-М»;
- теплоноситель ЛЗ-ТК-2 – жидкий теплоноситель в системе терморегулирования КА 14Ф166А (14Ф166);

Ниже приведены основные характеристики данных веществ.

### 1 Несимметричный диметилгидразин

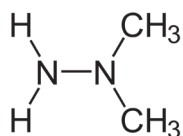


Рисунок П2-1 -  
Структурная формула  
НДМГ

Основной материал данного раздела приводится по [1].

Химическое название вещества по ИУРАС: 1,1-диметилгидразин. Синонимы: несимметричный диметилгидразин, НДМГ, гептил.

Молекулярная формула:  $\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2$ .

Структурная формула НДМГ приведена на рис.

П2-1.

Молекулярная масса: 60,1.

Регистрационный номер по CAS: 57-14-7.

Степень чистоты вещества: 98%. Примеси: диметиламин - не более 1,5 %, вода -1 %, минеральные примеси - 0,01 %.

На данное вещество существует ГОСТ В 17803-72.

### Физико-химические свойства.

НДМГ по химической структуре близок к аммиаку. В обычных условиях - бесцветная или бледно-желтого цвета жидкость, дымящая на воздухе, с резким специфическим запахом, характерным для органических аминов (запах тухлой селедки). Слабый характерный запах НДМГ ощущается на уровне 0,01, в концентрации 0,05-0,08 - как сильный неприятный запах.

Хорошо растворим в воде. Смешивается с водой в любых соотношениях рН водных растворов 12. Растворяется также в спиртах, углеводородах, аминах и эфирах. Водные растворы обладают щелочными свойствами.

По химической природе НДМГ представляет собой органическое основание с сильно выраженными восстановительными свойствами, легко окисляется кислородом воздуха.

Химически высокореакционное соединение. Вступает в реакции окислительно-восстановительные, комплексообразования, с органическими соединениями, содержащими карбоксильную группу. Реагирует с кислотами и окислителями. Легко окисляется кислородом воздуха и другими окислителями (оксидами азота, хлором, озоном и т.д.). При взаимодействии с кислотами образуются соли, с альдегидами и кетонами - гидразоны.: диметиламин, тетраметилтетразен, нитрозодиметиламин, метилендиметилгидразин, формальдегид и другие соединения.

При окислении, в зависимости от условий (температура, продолжительность окисления, наличие каталитически активных металлов) образуются нитрозодиметиламин  $C_2H_6N_2O$  (НДМА), диметиламин  $C_2H_7N$  (ДМА), тетраметилтетразен  $C_4H_{12}N_4$  (ТМТ), метилендиметилгидразин  $C_3H_8N$  (МДМГ), формальдегид  $H_2CO$  (ФА).

В результате попадания в почву и водоемы НДМГ может разлагаться и окисляться с образованием воды, углекислого газа и молекулярного азота, а также ряда токсичных продуктов (в зависимости от условий), один из которых - НДМА - является даже более токсичным соединением, обладая канцерогенными свойствами.

НДМГ обладает относительно высокой летучестью и испаряемостью, о чем свидетельствует низкая температура кипения (см. табл. П2-1) и высокое давление насыщенных паров (см. рис. П2-2).

Давление насыщенного пара при 20°C - 16,3 кПа (122,4 мм рт. ст.), при 50°C - 66,39 кПа (498 мм рт. ст.). Летучесть вещества значительно увеличивается с повышением температуры. НДМГ стабилен в области эксплуатационных температур (от -50°C до +50°C) при полной герметичности тары (летучесть при 25°C - 500 мг/дм<sup>3</sup>, при 50°C - 1484,7 мг/дм<sup>3</sup>).

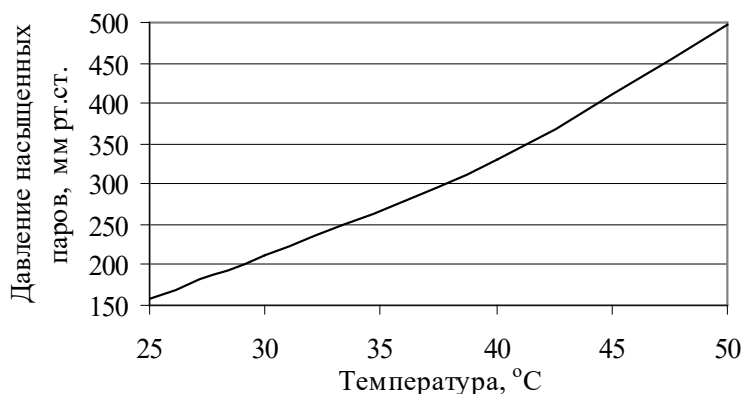


Рисунок П2-2 - Зависимость давления насыщенных паров НДМГ от температуры

Основные физико-химические показатели приведены в табл. П2-1.

Таблица П2-1 - Физико-химические показатели НДМГ

Агрегатное состояние (20°C, 760 мм рт. ст.)	жидкое
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,787-0,795
Температура кипения, °С (760 мм рт. ст.)	63,0
Температура плавления, °С	-57,2
Летучесть при 25°	50
Температура самовоспламенения, °С	249,0
Температура вспышки, °С	18

Легко сорбируется строительными материалами, тканями средств индивидуальной защиты, кожей человека и животных.

НДМГ легко самовоспламеняется с окислителями на основе азотной кислоты, как в паровой, так и в жидкой фазе. Особенно интенсивно реагирует с 98% HNO<sub>3</sub> и окислами азота. Именно эта реакция положена в основу применения обоих компонентов в качестве ракетного топлива. Нижний предел самовоспламенения паров горючего с парами окислителя АТ - составляет +9°C, с парами окислителя АК-27И - +18°C.

С воздухом НДМГ образует взрывоопасные смеси. Концентрационные пределы воспламенения с воздухом - нижний 3% об., верхний 84% об. Водные

растворы (до 50% основного вещества) также самовоспламеняются с окислителями на основе азотной кислоты с малыми величинами задержек.

С эксплуатационной и гигиенической точки зрения следует обратить внимание на относительно низкую температуру кипения НДМГ, высокую летучесть вещества и резкое возрастание последней при повышении температуры. Это обстоятельство свидетельствует о реальной опасности создания в воздушной среде производственных помещений весьма значительных концентраций паров компонента даже при незначительных утечках и проливах. При работе с НДМГ нельзя также не учитывать возможность образования высокотоксичного НДМА как продукта его окислительной деструкции, который обладает канцерогенными свойствами.

Клинические аспекты влияния НДМГ на организм человека. НДМГ является высоко опасным веществом для человека и животных и обладает общетоксическим и кожным местно-раздражающим действием. Оказывает токсическое действие при любых путях поступления в организм (через органы дыхания, кожный покров, желудочно-кишечный тракт). Молодые организмы в 2-3 раза чувствительнее к его воздействию.

При поступлении в организм НДМГ быстро всасывается. Поступивший в организм НДМГ определяется в крови через 20-60 минут. Распределяется по органам практически равномерно. Наибольшее содержание его определяется в почках, печени и селезенке. Метаболизируется в основном в печени. Выделение НДМГ из организма происходит как через почки - с мочой, так и через органы дыхания с выдыхаемым воздухом (по различным данным в первые сутки с мочой выделяется 60-80% НДМГ).

В зависимости от концентрации и длительности воздействия наблюдается легкая, средняя и тяжелая степень отравления. Скрытый период отравления колеблется от 30 мин до 24 часов и более.

При острых отравлениях НДМГ на первый план выступают симптомы поражения центральной нервной системы (судорожный эффект) и в меньшей степени печени. При хроническом отравлении преобладают признаки поражения печени, а также других систем (центральной нервной, сердечно-сосудистой, выделительной, кроветворной).

Клиническая картина острой интоксикации НДМГ проявляется возбуждением, расстройством дыхания, судорогами разного типа, функциональными

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 4

сдвигами со стороны центральной нервной системы, нарушениями антитоксической, экскреторной, углеводной и белково-образовательной функции печени, поражением почек, изменениями состава периферической крови.

Отдаленные последствия интоксикации: поражение нервной системы, жировая дистрофия печени.

Пути и уровни поступления НДМГ в организм, работающих в условиях профессиональной деятельности. В условиях эксплуатации предприятий, использующих НДМГ в качестве ракетного топлива, основными путями поступления его в организм работающих являются органы дыхания и кожные покровы. Этому способствует высокая летучесть НДМГ, стабильность парообразной фазы продукта в воздушной среде и способность к резорбции через кожу.

Уровень суммарной резорбции паров НДМГ в процессе трудовой деятельности зависит как от их концентраций и стабильности в воздушной среде, так и от объема легочной вентиляции. Последний, в свою очередь, сопряжен со степенью тяжести выполняемых рабочих операций.

Объем вдыхаемого воздуха за рабочую смену (8 часов) варьирует в зависимости от тяжести труда и для взрослого среднеарифметического мужчины составляет 9,6 м<sup>3</sup> – при легкой работе и 19,2 м<sup>3</sup> в условиях работы средней тяжести. При выполнении работ при содержании НДМГ во вдыхаемом воздухе на уровне ПДКРЗ (0,1 мг/м<sup>3</sup>), с учетом степени резорбции, принимаемой за 80%, величина суммарного поступления за смену может составлять 0,77 и 1,54 мг соответственно (см. табл. П2-2).

Таблица П2-2 - Суммарная резорбция паров НДМГ за рабочую смену при ингаляционном поступлении (в расчете на взрослого мужчину)

Характер физической нагрузки	Минутный объем вентиляции легких, л/мин	Объем вдыхаемого воздуха за рабочую смену (8 час), л	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	Степень резорбции, %	Величина резорбции за смену, мг
Легкая	20	9600	0,1	80	0,77
Средняя (допустимая)	40	19200	0,1	80	1,54

При тяжелой физической нагрузке и увеличении объема вентиляции легких количество резорбируемого НДМГ может достигать 2,0 мг и более за смену, что может оказать негативное влияние на организм работающих. В связи с вышеизложенным, выполнение тяжелых работ в условиях производственного контакта с НДМГ требует жесткого ограничения.

В реальных условиях работ с НДМГ на испытательных стендах жидкостных ракетных двигателей, базах нейтрализации ракетной техники, станциях очистки дренажных выбросов и других участках, сопряженных с опасностью загрязнения воздушной среды парами горючего, необходимо иметь в виду, что, помимо ингаляционного поступления НДМГ в организм работающих, не исключена опасность резорбции его через кожные покровы.

В опытах на животных (кроликах) показано, что при нанесении на кожу НДМГ в виде жидкости происходит его быстрое всасывание с максимальным содержанием в крови через 2-3 часа после аппликации. Экспериментальными исследованиями показано, что при хроническом воздействии парообразной фазы опасность отравления через кожу достигает уровня ингаляционного воздействия, при этом порог хронического кожно-резорбтивного действия паров НДМГ для кроликов определен на уровне 0,2 мг/м<sup>3</sup>.

Таким образом, в условиях производственной деятельности, сопряженной с необходимостью выполнения работ при нахождении в воздушной среде рабочей зоны паров НДМГ, следует учитывать возможность комплексного поступления этого продукта как через органы дыхания, так и через кожные покровы, что может привести к суммированию токсического эффекта.

Указанные факты явились основанием разработки и практического применения персоналом мер защиты органов дыхания и кожных покровов с организацией контроля содержания НДМГ в воздухе рабочей зоны и на поверхности кожи работающих.

Для ограничения объема всасывания НДМГ через кожные покровы и предупреждения выноса загрязнений за пределы производственной зоны на большинстве предприятий, где возможно поступление НДМГ в воздух рабочих помещений и загрязнение им кожных покровов, реализованы требования по планировке и обеспечению работы бытовых помещений по типу санитарных пропускников.

При традиционной гигиенической оценке условий труда, даже при наличии дифференцированных регламентов содержания токсиканта в воздухе рабочей зоны и уровня допускаемого загрязнения кожных покровов, реальная степень его воздействия на организм работающих, как правило, рассматривается изолированно, что может привести к определенной недооценке влияния вредного фактора. Очевидно, что при выполнении работ в условиях содержания НДМГ в воздушной среде и опасности многократного загрязнения кожных покровов в течение рабочей смены, следует рассматривать возможность суммарного эффекта за счет комплексного его воздействия через органы дыхания и кожу.

В качестве примера может быть рассмотрен конкретный случай поступления НДМГ в организм при содержании его в воздухе рабочей зоны на уровне ПДК, т.е. в концентрации  $0,1 \text{ мг/м}^3$ , и загрязнении всей поверхности кожи на уровне ПДУ, т.е.  $0,00001 \text{ мг/см}^2$ . В этих условиях за рабочую смену для «стандартного» человека с объемом вдыхаемого воздуха при работе средней тяжести равном  $19,2 \text{ м}^3$ , площади загрязнения кожи -  $180 \text{ дм}^2$  и соответствующими коэффициентами всасывания, комплексное поступление НДМГ будет составлять  $1,75 \text{ мг}$ . Очевидно, что более высокие уровни поступления будут превышать допустимые показатели и могут оказывать негативное влияние на состояние здоровья работающих.

В реальных условиях работ с НДМГ снижение объема его поступления в организм следует осуществлять по двум направлениям - ограничение загрязнения им воздуха рабочей зоны и предупреждение попадания вещества на кожные покровы, что может быть выполнено путем модификации технологического процесса и совершенствования промышленной вентиляции и использования надежных средств индивидуальной защиты персонала.

#### Гигиенические нормативы НДМГ.

НДМГ относится к приоритетным аварийно-опасным химическим веществам (АОХВ); класс опасности: 1 - по КВНО, 1 – по  $CL_{50}$ ) [2].

Гигиенические нормативы НДМГ и продуктов его разложения приведены в табл. П2-3 и табл. П2-4 соответственно [2].

Таблица П2-3 - Гигиенические нормативы НДМГ

Тип ПДК	Значение ПДК	Класс опасности
ПДК <sub>РЗ</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,1	1
ПДК <sub>МР</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,001	1
ПДК <sub>СС</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,001	1
ОДУ <sub>ХБ</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,00006	1
ПДК <sub>РХ</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,0005*	2
ПДК <sub>П</sub> , мг/кг	0,1	1
Допустимая суточная доза (ДСД), мг/кг массы тела в сутки	0,0003 (при пожизненном комплексном поступлении в организм человека)	
Примечания: гигиенические нормативы приводятся по СанПиН 1.2.3685-21;		
* - гигиенические нормативы приводятся по «Нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (введены приказом Минсельхоза России №552 от 13.12.2016).		

Для НДМГ СанПиН 1.2.3685-21 установлены следующие аварийные пределы воздействия токсиканта (АПВ<sup>T</sup>):

- в атмосферном воздухе городских и сельских поселений (при экспозициях): 0,06 мг/м<sup>3</sup> (1 час), 0,02 мг/м<sup>3</sup> (4 часа), 0,007 мг/м<sup>3</sup> (8 часов), 0,005 мг/м<sup>3</sup> (24 часа);

- в воздухе рабочей зоны для работающих в очаге аварий (при экспозициях): 3,0 мг/м<sup>3</sup> (5 мин), 2,0 мг/м<sup>3</sup> (15 мин), 0,6 мг/м<sup>3</sup> (1 час), 0,15 мг/м<sup>3</sup> (4 часа), 0,05 мг/м<sup>3</sup> (8 часов).

Кроме того рекомендованы следующие предельно-допустимые уровни:

- ПДУ загрязненности поверхностей оборудования и строительных конструкций из стали - 0,004 мг/дм<sup>2</sup>.

- ПДУ загрязненности поверхностей средств индивидуальной защиты - 0,008 мг/дм<sup>2</sup>.

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк. Книга 4

Таблица П2-4 - Гигиенические нормативы продуктов разложения НДМГ

Вещество	Атмосферный воздух, мг/м <sup>3</sup>			Вода, мг/дм <sup>3</sup>		Почва, мг/кг
	ПДК <sub>РЗ</sub>	ПДК <sub>СС</sub>	ПДК <sub>МР</sub>	ПДК <sub>ХБ</sub>	ПДК <sub>РХ</sub>	
ДМА	-	0,0025 (2 класс) СанПиН 1.2.3685-21	0,005 (2 класс) СанПиН 1.2.3685-21	0,1 (2 класс) СанПиН 1.2.3685-21	0,005 (3 класс) Приказ Минсель- хоза России от 13.12.2016 № 552	-
НДМА	0,1 (1 класс) Реестр Минздрава СССР № 106/3-71 от 30.12.71	-	-	0,01 (1 класс) Реестр Минздрава СССР № 27/3-65 от 01.07.65	-	-
ТМТ	3,0 (3 класс) Реестр Минздрава СССР № 36/3-67 от 27.07.67	0,005 (3 класс) Реестр Минздрава СССР № 44/3-68 от 14.08.68	0,005 (3 класс) Реестр Минздра- ва СССР № 44/3- 68 от 14.08.68	0,1 Реестр Минздрава СССР № 36/3-67 от 27.07.67	-	-
ФА	0,5 (2 класс) СанПиН 1.2.3685-21	0,01 (2 класс) СанПиН 1.2.3685-21	0,05 (2 класс) СанПиН 1.2.3685-21	0,05 (2 класс) СанПиН 1.2.3685-21	0,25 (4 класс) Приказ Минсель- хоза России от 13.12.2016 № 552	7 СанПиН 1.2.3685-21
СнК (ци- анистый водород)	0,3 (1 класс) СанПиН 1.2.3685-21	0,01 (2 класс) СанПиН 1.2.3685-21	-	0,035 (2 класс) СанПиН 1.2.3685-21	0,05 (3 класс) Приказ Минсель- хоза России от 13.12.2016 № 552	-

Нахождение в объектах окружающей среды. В природе НДМГ не встречается. Обнаружение его в природных объектах свидетельствует об антропогенном загрязнении. Опасность в окружающей среде определяется его высокой токсичностью, летучестью, хорошей растворимостью в воде, способностью к миграции, накоплению в различных объектах окружающей среды, включая растения: злаки, овощи, фрукты.

В атмосферном воздухе присутствует в виде паро-аэрозольной фазы. При нормальной температуре (18-22°C) и нормальном атмосферном давлении в концентрации более 1,4 мг/м<sup>3</sup> взаимодействует с HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, образуя соли различной дисперсности.

Стабильность в воде определяется степенью ее окисненности. При доступе O<sub>2</sub> содержание его в водоемах уменьшается на 50% к 15 суткам (на окисление 1 мг идет 0,51 мг кислорода). Зимой стабильность возрастает. В глубоких слоях водоемов (в иловых отложениях) создается «депо», которое при отсутствии доступа воздуха становится источником длительного загрязнения. Оказывает токсическое действие на обитателей водоемов (рыбу, планктон).

Пороговые концентрации по санитарно-гигиеническим показателям воды водоемов (мг/дм<sup>3</sup>):

БПК - 50;

сапрофитной микрофлоре - 0,1;

процессам нитрификации - 0,2;

по органолептическому показателю - запаху воды - 6.

Длительность пребывания в почве зависит от аэрации и типа почвы: без доступа кислорода концентрация НДМГ в почвах в 10 раз выше, чем в условиях хорошей аэрации. Малые концентрации НДМГ в почве могут сохраняться годами. Чем больше гумуса, тем выше стабильность. Хорошим катализатором разложения НДМГ в почве является медь. Песчаная почва поглощает НДМГ до 40%, глинистая - до 70-90%. Концентрации 0,1-10 мг/кг влияют на процессы самоочищения. Длительному сохранению способствует кислая реакция почв. При миграции по профилю почвы может переходить в атмосферу, попадать в грунтовые воды, влиять на окружающую микрофлору почвы, включая сапрофитную, кишечную палочку, почвенные грибы. Присутствие в растениях, овощах, фруктах не исключает переход НДМГ по пищевым цепочкам в организм

человека (растения - животные - мясо - человек; растения - животные - молоко - человек; вода - рыба - человек).

#### Воздействие НДМГ на природные среды и животные организмы.

Потенциальная опасность НДМГ при попадании в объекты окружающей среды определяется неограниченной растворимостью в воде, высокой летучестью, способностью к миграции, накоплению, высокой стабильностью в глубоких слоях почвы и растениях. Все рассуждения о высокой токсичности НДМГ относятся к его газообразной фазе и большим дозам этого вещества (в ходе полевых работ было установлено, что биосфера реагирует на проливы НДМГ как на обычное азотное удобрение).

НДМГ хорошо растворяется в воде и легко окисляется кислородом, растворенным в воде. При попадании в воду НДМГ, под влиянием естественных природных факторов (кислород воздуха, солнечная радиация, присутствие химически активных примесей), вступает в реакцию окисления-восстановления или взаимодействия с образованием новых химических соединений с новыми физико-химическими и токсическими свойствами. При контакте с кислородом воздуха водные растворы НДМГ желтеют, причем интенсивность окраски зависит от длительности контакта. В водных растворах продукты окисления и разложения НДМГ подвергаются дальнейшему химическому и биохимическому окислению [1]. Наиболее стабильными являются НДМА, НДМГ, ТМТ; менее стабильными - ДМА и ФА. Стабильность первых трех соединений в зимних условиях возрастает в 10-15 раз.

Наиболее интенсивно процесс окисления НДМГ в воде происходит в первые 7-10 суток, в результате чего увеличиваются концентрации ДМА и ФА. Этот процесс продолжается во времени практически до полного окисления НДМГ [3]. На процесс окисления НДМГ существенно влияет его первоначальная концентрация: скорость окисления уменьшается с увеличением концентрации НДМГ.

Количественной характеристикой стабильности НДМГ является время, за которое разлагается 50% исходной его концентрации в летних и зимних условиях. Стабильность водных растворов НДМГ и его производных с концентрацией 1-10 мг/л в условиях, характерных для летнего и зимнего режима водоема, приведены в таблице П2-5 [4].

Наибольшее влияние на сорбцию НДМГ и его производных почвами оказывает состав воды, в частности, ионы кальция  $Ca^{2+}$  - чем выше их содержание в воде, тем меньше почвой поглощается НДМГ и его производные. С увеличением содержания НДМГ в воде увеличивается степень их поглощения почвами и грунтами [3, 5].

Таблица П2-5 - Стабильность водных растворов НДМГ и его производных (исходная концентрация 1-10 мг/л) в условиях, характерных для летнего и зимнего режима водоема

Вещество	Время полураспада, сутки	Константы скоростей превращения веществ в воде, 1/сутки	
		Летние условия	Зимние условия
ФА	1-2	0.345	0.345
ДМА	более 2	0.153	0.076
ТМТ	более 5	0.138	0.011
НДМГ	более 6	0.115	0.007
НДМА	более 15	0.046	0.004

В связи с тем, что НДМГ прочно связывается с органоминеральным комплексом почвы [6], а также может образовывать устойчивые соединения с угольной кислотой, при проливах на почву НДМГ может длительное время (в северных широтах - до нескольких месяцев) сохраняться и накапливаться. При этом происходит его накопление в поверхностном слое и миграция в более глубокие слои. Миграционная способность НДМГ в почве, скорость и глубина проникновения зависят от типа и сорбционной способности почвы, ее химического состава и водного режима, при котором проходит миграция.

НДМГ поглощается (сорбируется) почвами по ионно-обменному механизму: чем выше катионообменная емкость почвы, тем больше степень его поглощения. Глинистые почвы сорбируют НДМГ на 70-90 %, а сорбция песком составляет 2-46 % [7]. По величине сорбционной емкости НДМГ почвы располагаются в следующей последовательности: поверхностный горизонт, ил озерный, ил речной, глина, песчаный нанос; по степени поглощения - поверхностный горизонт, глина, ил озерный, ил речной, песчаный нанос.

Снижение концентрации НДМГ в почве происходит неравномерно: наиболее резко снижается содержание в первые 5 дней [7], что свидетельствует как о прочном его поглощении элементами почвы, так и о наличии процессов разложения НДМГ на ДМА и ФА, концентрации которых в первые сутки после пролива увеличиваются в 2 раза.

Степень разложения НДМГ до ДМА зависит от их исходной концентрации и от природы образца почвы. С увеличением концентрации НДМГ наблюдается уменьшение степени его разложения. Степень разложения НДМГ максимальна в поверхностном горизонте, для песчаного наноса степень разложения на порядок ниже, чем для поверхностного горизонта.

Наряду с разложением, поглощением и окислением имеет место испарение НДМГ с поверхности почвы. Например, при концентрации НДМГ в почве 1000 мг/кг с поверхности за сутки испаряется 0,3% [7].

В силу высокой степени окисления НДМГ в почвах и с высокой силой их связи с почвой у почв отмечается низкая степень десорбции данного КРТ. Из глин НДМГ вымывается в количестве около 2,7%, а из песка - около 30%. На процесс десорбции также влияние оказывает начальная концентрация НДМГ и природа образца почвы, причем влияние последнего фактора более существенно. Максимальная степень десорбции характерна для речного ила, для песка и глины – минимальная, в связи с тем, что минеральные составляющие песка и глины более прочно удерживают НДМГ. Процесс десорбции протекает неравномерно: 70-85% НДМГ десорбируется первой порцией воды, затем происходит замедление процесса. Менее прочно удерживается ДМА и удаляется при промывке в первую очередь [7].

НДМГ и его производные благодаря своей высокой растворимости и стабильности в почве обладают выраженной способностью мигрировать по профилю почвы. Миграционная способность НДМГ (сорбция и глубина проникновения в почву) обусловлена типом почвы, поглощательной способностью почвы, водным режимом, количеством КРТ, поступившим на поверхность. При проливе на подзолистую почву через 2 месяца НДМГ и продукты его окисления могут проникнуть на глубину 50-70 см [7]. При этом, чем выше концентрация загрязнителей на поверхности, тем на большую глубину они мигрируют. В почве также повышаются концентрации ДМА и ФА, что свидетельствует об окислении НДМГ не только на поверхности почвы, но и на различной глубине.

Лучшей фильтрационной способностью обладает песок, а глинистые почвы препятствуют миграции НДМГ вглубь, однако, несмотря на высокие сорбционные свойства, глина и суглинок не могут полностью задерживать вертикальную миграцию таких КРТ. Так, например, при проливе 12 кг НДМГ на глину через 4 месяца продукт проникает на глубину до 130 см, а через 14 месяцев - на 180 см.

НДМГ имеет выраженную щелочную реакцию ( $pH=12$ ), в связи с чем при его проливе на растительный покров возможны щелочные ожоги. Пораженная растительность приобретает цвет «вареной зелени», высыхая, становится коричневой [4].

НДМГ из почв проникает в листья и стебли и способен в них сохраняться длительное время (более 1 года) [8]. НДМГ является летучим веществом, поэтому проникновение в растения может происходить не только почвенным, но и аэротехногенным путем. В условиях атмосферного воздуха, систематически загрязняемого НДМГ в концентрациях, превышающих ПДК в десятки раз, происходит сорбция НДМГ поверхностью растений, проникновение его внутрь плодов, ягод, трав, накопление и очень долгое сохранение в них.

Присутствие НДМГ в растениях может объясняться наличием химических связей с компонентами растительных тканей. Аналогично накоплению НДМГ в почвах может происходить его накопление в растениях по ионообменному механизму.

НДМГ и его производные в умеренных дозах не являются токсичными для растений и сопутствующей биоты и могут использоваться ими как источник углерода и азота. Массовое соотношение углерода к азоту ( $C:N$ ) у НДМГ равно единице. В природных малоплодных подзолах (горизонт А) это соотношение составляет 30-43, а в окультуренной скрытоподзолистой супесчаной почве - 12-13. Соотношение  $C:N$  в растениях колеблется в широких пределах: у зерновых оно достигает 90-95, у бобовых - 16-18.

Более того, следует отметить, что высокие токсические (по отношению к человеку) характеристики НДМГ совершенно не означают, что оно способно нанести и большой экологический вред.

Учеными Агрофизического НИИ г. Санкт-Петербурга изучалось влияние НДМГ на растительность и сопутствующую ей биоту (почвенные микроорганизмы). В ходе управляемых экспериментов было выявлено, что природная среда на НДМГ реагирует как на обычное азотное удобрение. Связано это с

тем, что НДМГ - углерод- и азотсодержащее соединение, и поэтому, как всякое подобного рода соединение, оказывает в умеренных дозах стимулирующее воздействие на микробиоту почвенно-растительной системы. При умеренном содержании НДМГ в почвенной среде увеличивается средний объем клеток и биомасса микроорганизмов в единице объема. При достаточно высоком уровне загрязненности почвы НДМГ (да и удобрений вообще) происходит деграция клеток микроорганизмов и ингибирование их жизнедеятельности [9]. В частности, концентрация до 1,0 г/кг почвы оказывают стимулирующий эффект на рост, развитие, продуктивность растений; от 1,0 г/кг до 10 г/кг почвы - вызывает снижение отдельных показателей роста и продуктивности, а также увеличение сроков развития. При содержании НДМГ в почве от 10 г/кг до 50 г/кг наблюдается заметное ухудшение состояния растений, при концентрации НДМГ в почве свыше 100 г/кг они погибают [10]. Стимуляция роста, развития, продуктивности растений под действием НДМГ и его продуктов деструкции связана с изменениями на трофическом, гормональном, ферментативном уровнях регуляции растительного организма [10].

Таким образом, НДМГ и его производные в умеренных дозах не являются токсичными для растений и сопутствующей биоты и могут использоваться как источник углерода и азота.

В целом растения и биота способны эффективно перерабатывать НДМГ в безопасные для человека соединения.

Многочисленные экспериментальные исследования, проведенные на различных видах животных (мыши, крысы, морские свинки, собаки) позволили выявить выраженное токсическое действие НДМГ с наибольшей чувствительностью к поражению у высокоорганизованных животных. В частности, при ингаляции паров НДМГ средне-смертельная доза ( $CL_{50}$ ) для крыс составляет:

- при экспозиции 5 мин - 40000 мг/м<sup>3</sup>;
- при экспозиции 15 мин - 16300 мг/м<sup>3</sup>;
- при экспозиции 30 мин - 10020 мг/м<sup>3</sup>;
- при экспозиции 60 мин - 6400 мг/м<sup>3</sup>;
- при экспозиции 120 мин - 580 мг/м<sup>3</sup>.

Выявлена также различная половая и возрастная чувствительность к токсическому агенту: наиболее уязвимы самки и молодые животные.  $CL_{50}$  для молодых крыс при 2-х часовой ингаляции ниже, чем для взрослых животных.

Помимо ингаляционного поражения, НДМГ опасен и при нанесении на кожные покровы. В частности, аппликация его на кожу кролика и крысы вызвала 50% гибель животных ( $DL_{50}$  составляет 317 и 275 мг/кг соответственно).

Значительная летучесть НДМГ определяет потенциальную опасность острых ингаляционных отравлений в реальных производственных условиях.

Показателем потенциальной опасности химического вещества в производственной обстановке служит коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО) - отношение насыщающей концентрации при нормальных условиях к величине  $CL_{50}$ , который для НДМГ составляет 469. Это свидетельствует о чрезвычайной опасности развития острых смертельных ингаляционных отравлений при превышении допустимого содержания паров компонента в воздушной среде рабочей зоны. Диапазоны допустимых смертельных и пороговых концентраций НДМГ для лабораторных животных при ингаляционном и накожном воздействии различной длительности приведены в табл. П2-6.

При воздействии через кожу (крысы, кролики) путем закрытой накожной аппликации в течение 4-х часов  $DL_{50}$  составляет 275-850 мг/кг.

Методы определения. Рекомендуемые методы определения НДМГ в средах приведены в таблице П2-7 [2, 11].

Таблица П2-6 - Параметры токсического действия НДМГ для различных лабораторных животных при различных экспозициях

Виды животных	Длительность воздействия	Диапазоны $CL_{50}$	Пороговые уровни мг/м <sup>3</sup>
Крысы, собаки	5 мин	40000-61250	60
Крысы, собаки	15 мин	8780-20570	20
Мыши, крысы	30 мин	9820-10020	15
Мыши, крысы, собаки	60 мин	2410-6400	10
Мыши, крысы, морские свинки	4 часа	100-920	2,5

Меры профилактики. Хранение и транспортирование - в герметичных ёмкостях, изготовленных из нержавеющей стали, алюминия и его сплавов, в которых поддерживается избыточное давление азота или другого инертного газа. Запрещается перевозка с окислителями. В лабораторных условиях - в мелкой

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 4

стеклянной или металлической таре. Необходимы вентиляция, герметизация, строгое соблюдение инструкций по технике безопасности. Автоматический контроль за содержанием в воздухе. Аминный рыбный запах сигнализирует об опасном уровне НДМГ в воздухе.

При возгорании используются следующие средства тушения: распыленная вода, воздушно-механическая пена на основе пенообразователей ПО-1Д, ПО-ЗА, ПО-БК.

Таблица П2-7 - Рекомендуемые методы определения НДМГ

Среда	Метод определения	Диапазон обнаружения	Нормативный документ
Воздух рабочей зоны	фотометрический	0,05-2,5 мг/м <sup>3</sup>	МУК 4.1.020-11
	индикаторная трубка ИТ-Г1 с визуальной оценкой (для экспрессного определения)	0,1-10 мг/м <sup>3</sup>	
Атмосферный воздух населенных мест	фотоколориметрический	0,0005-0,05 мг/м <sup>3</sup>	МУК 4.1.023-08
Вода	титриметрический	0,004-5,0 мг/дм <sup>3</sup>	МУК 4.1.005-09
	фотометрический	0,01-10,0 мг/дм <sup>3</sup>	МУК 4.1.000-11
	газохроматографический	0,01-1,0 мг/дм <sup>3</sup>	МУК 4.1.000-11
Почва	фотометрический	0,02-10 мг/кг	МУК 4.1.019-11
	газохроматографический	0,01-5,0 мг/кг	МУК 4.1.025-08
Растения	фотометрический	0,2-10,0 мг/кг	МУК 4.1.006-09
Смывы с поверхностей и кожных покровов	фотоколориметрический	1,0-10,0 мкг/дм <sup>2</sup>	МУК 4.1.024-08
Кровь	спектрофотометрический	1,0-10,0 мкг/см <sup>3</sup>	МУК 4.1.018-07
Моча	спектрофотометрический	0,1-1,0 мкг/см <sup>3</sup>	МУК 4.1.035-11
Молоко	спектрофотометрический	1,0-10,0 мкг/см <sup>3</sup>	МУК 4.1.026-08
Мышечная ткань	спектрофотометрический	1,0-10,0 мкг/г	МУК 4.1.004-09

Обезвреживание газовых выбросов осуществляется термическим методом в дожигающих стационарных установках; сточных вод - химическим (с помощью окислителей: хлорный, перекисный методы, окисление кислородом воздуха), сорбционным и термическим методами.

Средства индивидуальной защиты: костюм защитный, перчатки резиновые, очки защитные, фильтрующий или изолирующий противогаз.

Первая помощь при отравлении [2]. Немедленно удалить пострадавшего из загрязненной зоны. При попадании вещества в глаза или на кожу обильно промыть их водой. Обязательна общая санитарная обработка. При явлениях жжения - охлажденная примочка свинцовой водой. Лицам с симптомами поражения рекомендуется в качестве антидота - витамин В6 (10% раствор, 5 мл внутримышечно). Ингаляция кислорода. Необходима транспортировка в стационар.

## 2 Азотный тетраоксид ингибированный

Азотный тетраоксид ингибированный (АТИН или амилин) является аналогом широко распространенного в ракетной технике окислителя – азотного тетраоксида (амил). Все основные физико-химические и токсикологические характеристики окислителя АТИН соответствуют характеристикам азотного тетраоксида (АТ).

Ниже приведены основные характеристики АТ. Основной материал данного раздела приводится по [1].

Химическое название вещества по ИУПАС: тетраоксид диазота. Синонимы: азотный тетраоксид, АТ, динитроген тетраоксид, амил.

Молекулярная формула:  $N_2O_4$ .

Структурная формула АТ приведена на рис. П2-3.

Молекулярная масса: 92,0.

На данное вещество существует ГОСТ В 17656-72.

Регистрационный номер по CAS: 10544-72-6.

Степень чистоты вещества - 99,5%. Примеси: технологические примеси в пересчете на  $HNO_3$  - не более 0,5%

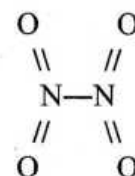


Рисунок П2-3 -  
Структурная  
формула АТ

### Физико-химические свойства.

В химическом отношении АТ представляет собой смесь двух равновесных форм  $\text{NO}_2$  и  $\text{N}_2\text{O}_4$ , существующую как в газообразном, так и в жидком состоянии.

$\text{NO}_2$  - бледно-желтая жидкость, температура плавления  $-11,2^\circ\text{C}$ , температура кипения  $21^\circ\text{C}$ . Пары имеют бурый цвет и удушливый запах. В твердом и жидком состоянии существует в виде димера  $\text{N}_2\text{O}_4$ , в интервале  $21-135^\circ\text{C}$  - в виде смеси  $\text{NO}_2$  и  $\text{N}_2\text{O}_4$ , выше  $135^\circ\text{C}$  - в виде мономера  $\text{NO}_2$ .

$\text{N}_2\text{O}_4$  - тяжелая гигроскопическая летучая жидкость красно-бурого цвета с резким, едким, специфическим запахом. Глубина окраски как жидкости, так и паров зависит от температуры, изменяясь от почти бесцветной (кристаллы при  $-40^\circ\text{C}$ ) до почти черной (слой 2 см при  $183^\circ\text{C}$ ). Температура кипения:  $21,15^\circ\text{C}$ . Температура плавления:  $-11,3^\circ\text{C}$ . Плотность  $1,53 \text{ г/см}^3$  (при  $-20^\circ\text{C}$ ).

Летучесть АТ при  $20^\circ\text{C}$  составляет 16 кг/час с площади  $1 \text{ м}^2$ . Температура плавления  $-11,3^\circ\text{C}$ , плотность паров при  $20^\circ\text{C}$  составляет  $1,443 \text{ г/см}^2$ .

АТ хорошо растворим в воде (450 г/л) и щелочах. Сильный окислитель. Бурно реагирует с большинством органических соединений. С водой образует смесь азотной и азотистой кислот. Наибольшую коррозионную устойчивость к веществу имеют высоколегированные стали и сплавы на основе алюминия и титана.

Как индивидуальное вещество АТ существует только при температуре ниже  $11^\circ\text{C}$ , в этих условиях представляет собой кристаллы белого цвета, при повышении температуры становится жидкостью желтого или красного цвета. АТ - легко летучее соединение в обычных условиях представляет собой смесь окислов азота  $\text{N}_2\text{O}_4$  и  $2\text{NO}_2$ , которые находятся в состоянии динамического равновесия, зависящего от температуры (при нормальном давлении и  $20^\circ\text{C}$  в воздухе находится 82%  $\text{N}_2\text{O}_4$  и 18%  $\text{NO}_2$ ). При  $21^\circ\text{C}$  давление насыщенных паров  $\sim 765 \text{ мм рт. ст.}$ . Насыщающая концентрация при  $20^\circ\text{C}$  -  $4097875 \text{ мг/м}^3$ .

Низкая температура кипения АТ и чрезвычайно высокая его летучесть даже при нормальном температурном режиме эксплуатации определяет реальную возможность образования опасных концентраций паров окислителя в воздухе рабочей зоны и объектах окружающей среды при малейших проливах этого компонента.

Нахождение в объектах окружающей среды. В атмосферном воздухе тер-

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 4

ритории, где отсутствуют источники выбросов окислов азота, их суммарные концентрации составляют 0,009-0,076 мг/м<sup>3</sup>. В крупных городах, где загрязнение в основном происходит за счет автотранспорта и других загрязнителей воздуха, величины суммарных концентраций окислов азота возрастают в десятки раз. В атмосферном воздухе АТ может взаимодействовать с другими веществами.

Клинические аспекты влияния АТ на организм человека. АТ - сильнодействующее вещество с выраженными раздражающими свойствами. Токсическое действие его характеризуется наличием узкого диапазона между переносимыми и смертельными концентрациями. Порог раздражающего действия на слизистую оболочку верхних дыхательных путей равен 25 мг/м<sup>3</sup>. Раздражение слизистых оболочек глаз и носа наступает при содержании вещества в воздухе на уровне 14 мг/м<sup>3</sup>. Порог восприятия запаха человеком составляет 2 мг/м<sup>3</sup>.

Концентрации АТ в воздухе на уровне 200-300 мг/м<sup>3</sup> опасны для жизни человека, на уровне 400-500 мг/м<sup>3</sup> вызывают быструю смерть.

При воздействии АТ возможно комбинированное поражение (ингаляционное отравление + химический ожог). При поражении более 10% поверхности тела развивается ожоговый шок.

При ингаляционном воздействии чрезвычайно опасен в плане развития острых смертельных отравлений при нормальных условиях. Ингаляционное отравление АТ протекает при явлениях резкого раздражения верхних дыхательных путей, острого отека легких, нарушении функции дыхания и сердечно-сосудистой системы, водно-солевого обмена, образования метгемоглобина в крови, гемолиза эритроцитов, признаков гипоксии гемического типа. Порог раздражающего действия на слизистые оболочки верхних дыхательных путей равен 25. Концентрации на уровне 200-300 мг/м<sup>3</sup> опасны для жизни человека; 400-500 мг/м<sup>3</sup> - вызывают быструю смерть. Человек ощущает запах и раздражение во рту и зеве при 8 мг/м<sup>3</sup>; раздражение слизистых глаз и носа при 14 мг/м<sup>3</sup>. Порог обонятельного ощущения - при концентрации 0,2 мг/м<sup>3</sup>; явное ощущение запаха - 1 мг/м<sup>3</sup>.

Попадание чистого АТ на кожу сопровождается сильными ожогами кислотного типа с образованием труднозаживающих некрозов. Ожог глаз может быть причиной слепоты. Отдаленными последствиями острых и

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 4

хронических отравлений АТ являются развитие хронического бронхита и склероза легких.

Гигиенические нормативы. Основные гигиенические нормативы АТ в объектах окружающей среды представлены в табл. П2-8.

Для АТ установлены также следующие аварийные пределы воздействия токсиканта (АПВ<sup>Т</sup>):

- для паров при изолированном воздействии на кожные покровы (при экспозициях): 300 мг/м<sup>3</sup> (1 час), 100 мг/м<sup>3</sup> (4 часа);

- в воздухе рабочей зоны (при экспозициях): 60 мг/м<sup>3</sup> (5 мин), 35 мг/м<sup>3</sup> (15 мин), 15 мг/м<sup>3</sup> (1 час), 10 мг/м<sup>3</sup> (8 часов).

Таблица П2-8 - Гигиенические нормативы АТ

Тип ПДК	Значение ПДК	Класс опасности
ПДК <sub>РЗ</sub> , мг/м <sup>3</sup>	5,0	3
ПДК <sub>МР</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,4	3
ПДК <sub>СС</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,06	3
ПДК <sub>РХ</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	3,3 (по нитритам) 45,0 (по нитратам)	4*
ПДК <sub>ХВ</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	3,3 (по нитритам) 45,0 (по нитратам)	3
ПДК <sub>П</sub> , мг/кг	130,0 (по нитратам)	-

Примечание: нормативы приводятся по СанПиН 1.2.3685-21;

\* - гигиенические нормативы приводятся по «Нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (введены приказом Минсельхоза России №552 от 13.12.2016).

Воздействие АТ (АТИН) на природные среды и животные организмы. АТ, растворяясь в воде, вступает с ней в реакцию, образуя азотную и азотистую кислоты. В связи с высокой неустойчивостью, последняя разлагается и переходит в азотную. При взаимодействии со щелочами, которые могут находиться в почве, образуется смесь солей азотной и азотистой кислот - нитратов и нитритов, которые представляют довольно стабильные соединения.

Эколого-гигиеническая значимость АТ в воде, почве и растениях определяется нитратами и нитритами; в атмосферном воздухе - двуокисью и окисью азота, парами азотистой и азотной кислот.

Азотная и азотистая кислоты взаимодействуют с органическими и неорганическими веществами с образованием нитро- и нитрозо- соединений. Кроме того, данные кислоты и их соли диссоциируют с образованием нитрат-ионов и нитрит-ионов.

В «чистом» атмосферном воздухе (на уровне моря) содержание окислов азота не превышает  $0.0015 \text{ мг/м}^3$ . Содержание нитратов в поверхностных водах составляет  $0,1-10 \text{ мг/л}$ , нитритов –  $0,1 \text{ мг/л}$ . При проливах АТ вызывает острое поражение растительности (за счет  $\text{pH} < 3$ ), отрицательно влияет на микрофлору почвы, гидробионты, вызывая их гибель.

Перенасыщенная нитратами и нитритами почва может быть причиной миграции и загрязнения подземных вод, а также поверхностных вод в связи со смывом их с почвы талыми и дождевыми осадками, основным источником повышенного содержания нитратов и нитритов в сельскохозяйственной продукции и образования в продуктах сельскохозяйственного производства в присутствии аминов - диметилнитрозоаминов.

Действие нитратов и нитритов на гидробионтов заключается в нарушении кровоснабжения – транспортировке кислорода к жизненно важным органам. Другое негативное влияние нитратов и нитритов на гидробионтов заключается в том, что повышенные их концентрации в воде водоемов стимулируют развитие водной растительности и планктона; это явление называется евтрофикацией [13]. Избыток водной растительности на стадии, когда начинается гниение погибших растений, приводит к недостатку растворенного в воде кислорода, что пагубно отражается на гидробионтах. В незагрязненных природных водах концентрация нитрат-иона не превышает  $0,2 \text{ мг/л}$ .

Загрязнение воды водоемов азотной кислотой опасно для рыб. Смертельная концентрация азотной кислоты для радужной форели через 96 часов равна  $0,39-1,9 \text{ мг/л}$ , для молоди форели через 8 суток –  $0,14-0,15 \text{ мг/л}$  [14].

При поступлении в больших количествах нитраты могут вызывать различные нарушения функционального состояния организма, вплоть до тяжелых отравлений. Пороговая доза для человека –  $8,7 \text{ мг/кг}$ .

Нитраты обладают эмбриотоксическим и гонадотоксическим действием. Минимальная смертельная доза нитритов для теплокровных животных 20 мг/кг массы.

Молодняк более чувствителен к нитритам и нитратам, чем взрослые животные. Содержание нитратов в биосредах (молоко, моча, кровь) может служить одним из диагностических признаков при остром, подостром или хроническом отравлении ими. При обнаружении в пробах биологического материала нитратов более 30 мг/кг (в моче более 400 мг/л) можно предполагать отравление животных нитратами.

Методы определения. Рекомендуемые методы определения АТ в средах приведены в таблице П2-9 [12].

Таблица П2-9 - Рекомендуемые методы определения АТ

Среда	Метод определения	Диапазон обнаружения	Нормативный документ
Воздух рабочей зоны	фотометрический	до 1 мг/м <sup>3</sup>	
Атмосферный воздух населенных мест	фотометрический	0,02-1,4 мг/м <sup>3</sup>	РД 52.04 186-89
Вода	флуориметрический	0,005-5,0 мг/дм <sup>3</sup>	ПНДФ 14.1:2:4.26-95

Меры профилактики. Хранить в специальных герметичных цистернах и резервуарах, изготовленных из алюминия или нержавеющей стали. Проводить автоматический контроль воздуха рабочей зоны.

При проливах провести нейтрализацию водными растворами аммиака (ГОСТ 9-92). Допускается использование в качестве нейтрализующих растворов 10% раствор едкого натрия (ГОСТ 2263-79) или 5-6% раствор кальцинированной соды (ГОСТ 5100-85).

Средства индивидуальной защиты. При повседневной работе - комплект спецодежды, передник, перчатки резиновые или бутиловые, сапоги резиновые; для защиты органов дыхания - фильтрующие противогазы.

Первая помощь при отравлении. При вдыхании паров - госпитализация, предупреждение развития отека легких. При попадании в глаза - промывание большим количеством воды. Закапать 1-2 капли 2% раствора новокаина, 0,5% раствора дикаина, ввести 1-2 капли стерильного масла (вазелинового,

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 4

персикового, облепихового). При попадании на кожу - смыть большим количеством воды, наложить повязки с риванолом (1:1000) (или подкожно ввести по 1 мл 1% раствора морфина, 0,1% раствора атропина, 5% раствора эфедрина). Периодически, исходя из состояния больного, - ингаляция газовой смеси, обогащенной кислородом, сердечные средства.

### 3 Гидразин

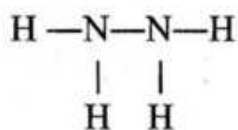


Рисунок П2-4 - Структурная формула гидразина

Химическое название вещества по IUPAC: гидразин. Синонимы: диамид, диамин, безводный гидразин.

Молекулярная формула:  $\text{N}_2\text{H}_4$ .

Молекулярная масса: 32,05.

Структурная формула гидразина приве-

дена на рис. П2-4.

Регистрационный номер по CAS: 302-01-2.

Физико-химические свойства.

Гидразин - бесцветная прозрачная жидкость с резким аммиачным, едким запахом, хорошо растворяющаяся в воде, спиртах, аминах и других полярных жидкостях. Не растворяется в углеводородах и их галогенопроизводных.

Гидразин - едкая, дымящая, бесцветная гигроскопическая жидкость. Обладает основными свойствами. С кислотами образует соли гидразония и гидразиния. С водой образует азеотропную смесь (смесь, состав которой не меняется при кипении), а также соединение гидразинмоногидрат, которое содержит 64% гидразина по массе.

В водных растворах легко окисляется.

Особенностями гидразина как горючего являются: большая энтальпия, весьма высокое содержание энергетически пассивного азота (87,5%). Это приводит к тому, что в топливных смесях, содержащих гидразин, массовая доля данного горючего в несколько раз больше, чем массовая доля окислителя.

Гидразин разлагается при нагревании выше  $300^\circ\text{C}$  и под влиянием катализаторов с выделением тепла и образованием аммиака, водорода и азота. Сильный восстановитель. Образует взрывоопасные смеси с воздухом и кислородом. Горюч и взрывоопасен, способен к самовоспламенению при

контакте с асбестом, углем, оксидами меди, железа, ртути и др.

Основные физические характеристики гидразина приведены в табл. П2-10.

Таблица П2-10 - Основные физические характеристики гидразина

Агрегатное состояние (20°С, 760 мм рт. ст.)	жидкое
Температура плавления, °С	1,5
Температура кипения, °С	113,5
Температура критического состояния, К	653
Давление критического состояния, МПа	14,22
Удельная теплота парообразования, кДж/кг	1410
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,008
Давление насыщенных паров, мм рт. ст.	10,55
Летучесть, мг/дм <sup>3</sup> (при 25°С)	35,1

Катализаторами разложения гидразина являются ванадий, молибден, хром, вольфрам, но наиболее эффективны катализаторы на основе «платиновых металлов» - иридия, родия, рутения, которые наносят на твердые частицы пористого носителя, например, оксида алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Они обеспечивают разложение гидразина и в жидкой фазе при обычных температурах.

Применение. В качестве однокомпонентного топлива пригоден лишь «особо чистый» гидразин, так как технологические примеси, накапливаясь в нем, резко снижают активность катализатора, «отравляют» его.

Как горючее в двухкомпонентных топливах, гидразин не применяется из-за недостаточной его термостабильности. Определенным эксплуатационным недостатком является и высокая (+2°С) температура замерзания продукта.

Гидразин высокой чистоты применяется как однокомпонентное топливо в двигателях малой тяги космических аппаратов.

Гидразин также широко используется в народном хозяйстве, медицине, производстве фармакологических средств, пестицидов, красителей, в качестве ингибитора коррозии груб, в военной промышленности.

Гидразин является очень сильным восстановителем, легко окисляется различными окислительными средами; с азотнокислотными, оксидазотными и фторными окислителями он самовоспламеняется с очень малой задержкой.

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 4

Смесь паров гидразина с кислородом самовоспламеняется при нагреве всего до 500-600 К, а в контакте с оксидом железа - даже при  $T \sim 300$  К.

#### Гигиенические нормативы.

Гидразин относится к приоритетным АОХВ (2-й класс опасности - по КВНО, 2-й класс опасности – по  $CL_{50}$ ) [15].

Гигиенические нормативы гидразина приведены в таблице П2-11.

Таблица П2-11 - Гигиенические нормативы гидразина [15]

Тип ПДК	Значение ПДК	Класс опасности
ОБУВ, мг/м <sup>3</sup>	0,001	1
ПДК <sub>ХВ</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,01	2
ПДК <sub>РХ</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,0003*	3

Примечание: гигиенические нормативы приводятся по СанПиН 1.2.3685-21;

\* - гигиенические нормативы приводятся по «Нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (введены приказом Минсельхоза России №552 от 13.12.2016).

Нахождение в объектах окружающей среды. Гидразин - нестабильное соединение. Быстро разлагается в воздушной среде в результате реакции с озоном, гидроксильными радикалами и диоксидом азота. В загрязнённой воздушной среде время существования составляет несколько минут. В чистом воздухе - в течение 1 часа.

В воде быстро разлагается, особенно в аэробных условиях и в присутствии органического материала и/или в жёсткой воде, а также в воде, имеющей щелочную реакцию. Более устойчиво в мягкой воде, лишённой ионов металлов.

В эксперименте при непрерывном внесении гидразина в сточные воды их переработка обеспечивала полное его отсутствие лишь при концентрации ниже 1 мг/дм<sup>3</sup>. Токсичен для гидробионтов даже в очень низких концентрациях. Величины  $CL_{50}$  для рыб находятся в диапазоне от 0,54 мг/дм<sup>3</sup> (плотва) до 5,98 мг/дм<sup>3</sup> (толстоголовая пимефалес). Нитрифицирующие бактерии,

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 4

содержащиеся в активном иле, угнетаются при концентрациях свыше 1 мг/дм<sup>3</sup>. Некоторые другие микроорганизмы обладают более высокой чувствительностью (порог токсического действия составляет всего 0,00008 мг/дм<sup>3</sup>).

Как в воздушной, так и в водной среде может оказывать токсическое действие на растения. В почве гидразин при аэробных условиях адсорбируется и подвергается разложению на поверхности глинозёма.

Рекомендуемые методы определения гидразина в средах приведены в табл. П2-12.

Таблица П2-12 -Рекомендуемые методы определения гидразина в средах [15]

Среда	Метод определения	Предел обнаружения
Воздух рабочей зоны	хроматографический	0,002 мг/м <sup>3</sup>
	фотометрический	0,04 мг/м <sup>3</sup>
Вода	колориметрический	0,005 мг/дм <sup>3</sup>
Кровь, моча, плазма	хроматографический	0,001 мг/дм <sup>3</sup>
	масс-спектрометрический	0,001 мг/дм <sup>3</sup>

Меры профилактики. Необходимо строгое соблюдение инструкций по транспортировке, хранению и при использовании вещества. Полная герметизация оборудования, вентиляция помещений. Стены и оборудование должны быть из материалов, плохо сорбирующих гидразин. Систематическая уборка помещений и оборудования.

Средства индивидуальной защиты. При работе рекомендуется использовать фильтрующие или изолирующие противогазы, защитную одежду, поливинилхлоридные перчатки, обувь из резины, резиновые фартуки, пластиковые очки и маски.

Первая помощь при отравлении. Специфический аммиачный рыбный запах даже при кратковременных аварийных воздействиях сигнализирует об опасном уровне. Немедленно удалить пострадавшего из загрязнённой зоны. При попадании в глаза или на кожу обильно промыть водой. Обязательна общая санитарная обработка. При явлениях жжения применять охлаждённую

примочку - свинцовую воду. Внутривенно или внутривенно - витамин В6, 40% раствор глюкозы, 10% раствор глюконата кальция, 30% раствор гипосульфата натрия. Необходима транспортировка в стационар.

#### 4 Углеводородное горючее РГ-1

По внешнему виду углеводородное горючее РГ-1 представляет собой бесцветную или слегка желтоватую жидкость с запахом нефтепродуктов.

Горючее РГ-1 получают путем насыщения водородом (гидрогенизации) богатых ароматиками продуктов прямой перегонки специальных сортов нефти, благодаря чему ароматические углеводороды почти полностью переводятся в нафтенны. Одновременно происходит качественная очистка от сернистых и кислородосодержащих соединений. Групповой состав горючего РГ-1 приведен в табл. П2-13.

Таблица П2-13 - Групповой состав горючего РГ-1

Химический состав, %		Состав по группам углеводородов, %			
С	Н	Алканы	Цикланы	Арены	Алкены
~86	~14	~25-30	~70	<5	отсутствуют

Углеводородное горючее РГ-1 не самовоспламеняется с кислородом и другими окислителями, кроме фтора и его соединений, поэтому для запуска двигателя применяют специальные пиротехнические устройства или пусковые горючие, самовоспламеняющиеся с кислородом.

Углеводородное горючее РГ-1 не агрессивно к конструкционным материалам. Емкости для хранения и транспортировки горючего изготавливаются из углеродистой стали. Достаточно широк выбор пластических материалов, стойких в контакте с горючим: специальные сорта резины, полиэтилен, поливинилхлорид и др.

Токсическое действие углеводородного горючего РГ-1 выражено слабо, что характерно для нефтепродуктов вообще. Но при большой концентрации паров в воздухе могут ощущаться головная боль, тошнота, а при хроническом вдыхании паров могут появиться расстройства нервной системы, сердечной де-

тельности. При отравлении парами горючего рекомендуется вдыхание нашатырного спирта, кислорода, применение успокоительных средств.

Горючее РГ-1 обладает сравнительно низкой температурой вспышки (на уровне 30°С) и, следовательно, пожароопасны в условиях хранения при повышенных температурах.

Углеводородное горючее РГ-1 относится к малоопасным веществам (4-й класс токсичности). Гигиенические нормативы горючего РГ-1 в объектах окружающей среды представлены в табл. П2-15.

Таблица П2-15 - Гигиенические нормативы горючего Т-1

Класс опасности	Воздух			Вода водоемов	
	рабочей зоны		населенных мест	ПДК <sub>ХВ</sub> , мг/л	ПДК <sub>РХ</sub> , мг/л
	ПДК максимальной-разовая, мг/м <sup>3</sup>	ПДК средне-сменная, мг/м <sup>3</sup>	ОБУВ		
4	600	300	1,2	0,01	0,05*

Примечания: гигиенические нормативы приводятся по СанПиН 1.2.3685-21 [17];

\* - гигиенические нормативы приводятся по «Нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (введены приказом Минсельхоза России №552 от 13.12.2016) [18].

При попадании в воду углеводородные горючие придают резкий специфический запах, ощущаемый при концентрации 0,1 мг/л. Углеводородные горючие устойчивы в почве и ограниченно растворимы в воде. При однократных больших проливах и длительных многолетних повторных проливах значительных количеств топлива на почву возможно загрязнение не только поверхности, но и глубоких слоев почвы, а при смывах с нее - воды водоемов. Миграция их по профилю почвы создает опасность загрязнения грунтовых вод.

Загрязнение рек и озер углеводородным горючим РГ-1 пагубно отражается на рыбном хозяйстве. Кроме прямого токсического действия на рыб, нефтепродукты уничтожают нерестилища и нагульные угодья, препятствуют естественной аэрации и нарушают нормальные биологические процессы водоема. Нефтепродукты загрязняют не только поверхность воды, но и распространяют-

ся по всей ее толще, оседают вместе с илом на дно водоема и способны к вторичному загрязнению водоема. Загрязненные углеводородами водоемы могут лишиться рыбохозяйственной ценности на неопределенно длительное время.

Нефтепродукты портят качество рыбной продукции. Наличие в водоеме нефти в концентрации 0,1 мг/л придает мясу рыб неустранимый при обработке привкус и запах нефтепродуктов. Нефтепродукты даже в малых концентрациях вредны для гидробионтов.

## 5 Жидкий кислород

В качестве окислителя в РН «Ангара-А5» используется жидкий кислород, технический, сорт 2 (по ГОСТ 6331-78). Основные характеристики приведены в таблице П2-16.

Таблица П2-16 - Основные характеристики жидкого кислорода

Характеристика	Значение
Молекулярная масса	31,9988
Температура, менее	- 173°С
Содержание кислорода, не менее	99,5%
Содержание ацетилена	отсутствие
Объем двуокиси углерода в 1 дм <sup>3</sup> жидкого кислорода, см <sup>3</sup> , при 20°С и 101.3 кПа, не более	3
Содержание масла	отсутствие
Содержание двуокиси углерода	не нормируется
Содержание газообразных кислот и оснований	не нормируется
Содержание озона и других газов окислителей	не нормируется

Жидкий кислород нетоксичен, не горюч и не взрывоопасен, однако, являясь сильным окислителем, резко повышает способность других материалов к горению. Ряд материалов (дерево, бумага, асфальт, уголь и др.), пропитанные ЖК, способны детонировать, поэтому для работы в контакте с кислородом могут использоваться только разрешенные материалы.

Жидкий кислород при попадании на открытые участки кожи вызывает

обморожение, а также поражает слизистую оболочку глаз. Даже отбор проб жидкого кислорода необходимо проводить в защитных очках и брезентовых рукавицах.

Технология работ с жидким кислородом должна исключать возможность неконтролируемого накопления в нем органических и других горючих веществ.

Слив жидкого кислорода должен проводиться в специально отведенных местах, имеющих покрытия, не содержащие органических материалов. В местах утечек или проливов жидкого кислорода также не должно быть покрытий, содержащих органические материалы.

Объемная доля кислорода в воздухе рабочей зоны не должна превышать 23%. После пребывания в среде, обогащенной кислородом, не разрешается курить, использовать открытый огонь и приближаться к огню, одежда должна проветриваться в течение 30 минут.

Железнодорожным транспортом жидкий кислород перевозится в специальных вагонах-цистернах. Автомобильным транспортом жидкий кислород перевозят в транспортных цистернах для ЖК, азота и аргона всех типоразмеров по ГОСТ 17518-79.

## **6 Теплоноситель ЛЗ-ТК-2**

Теплоноситель ЛЗ-ТК-2 - прозрачная жидкость от бесцветного до жёлтого цвета, предназначенная для использования в системах терморегулирования, работающих в интервале температур от минус 100°С до плюс 80°С. Производитель - ОАО «Завод имени Шаумяна» (г. Санкт-Петербург).

В табл. П2-13 приведены физико-химические и эксплуатационные показатели теплоносителя ЛЗ-ТК-2.

Теплоноситель ЛЗ-ТК-2 по степени воздействия на организм в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 относится к 4 классу опасности (вещества малоопасные), обладает слабораздражающим действием на кожные покровы и слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей.

Основным компонентом теплоносителя ЛЗ-ТК-2 является изооктан. Вдыхание 1 мг/дм<sup>3</sup> изооктана в течение 5 минут вызывает лёгкое раздражение глаз и верхних дыхательных путей.

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 4

Теплоноситель ЛЗ-ТК-2 представляет собой легковоспламеняющуюся жидкость. Температура вспышки – минус 9°С, температура кипения – 100°С. Температурные пределы воспламенения: нижний – минус 9°С, верхний – 24°С. Пределы взрываемости теплоносителя: 0,95-6,0 % об.

Таблица П2-13 - Физико-химические и эксплуатационные показатели теплоносителя ЛЗ-ТК-2

Наименование показателя	Значение
Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с:	
- при 20°С, не более	0,8
- при минус 60°С, не более	3,5
Плотность при 20°С, кг/м <sup>3</sup> , не более	710
Начало кипения, °С, не выше	99
Температура 90% перегонки, °С, не выше	112
Коррозионное воздействие на металлы следующих марок: - сталь 20Х13, ГОСТ 5632-72; - алюминиевый сплав Д16Т, ГОСТ 21488-97; - алюминиевый сплав АМг3М, ГОСТ 21488-97; - латунь ЛС59-1, ГОСТ 15527-2004	Выдерживает
Наличие механических примесей, водорастворимых кислот и щелочей, воды	Не содержатся

В случае загорания применяют следующие средства пожаротушения: распылённую воду, пену; при объёмном тушении – углекислый газ, состав СЖБ, состав «3,5» и перегретый пар.

В помещении для производства и хранения ЛЗ-ТК-2 запрещено обращение с открытым огнём, искусственное освещение должно быть во взрывобезопасном исполнении.

Контроль воздуха рабочей зоны необходимо организовать в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 и ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны», по веществам:

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 4

- йодобензол - ПДК максимально-разовая – 6 мг/м<sup>3</sup>; среднесменная – 2 мг/м<sup>3</sup>,

- углеводороды – ПДК максимально-разовая – 900 мг/м<sup>3</sup>; среднесменная – 300 мг/м<sup>3</sup>.

При работе с теплоносителем необходимо соблюдать правила личной гигиены, работать при включенной вентиляции, не курить на рабочем месте, перед едой и после работы мыть руки тёплой водой с мылом. В помещении, где проводят работы с теплоносителем, не допускается приём и хранение пищи.

При попадании ЛЗ-ТК-2 на незащищённые участки кожи работающего, его необходимо удалить ветошью, а затем вымыть руки тёплой водой с мылом. При попадании теплоносителя в глаза, обильно промыть их чистой водой. При попадании теплоносителя внутрь организма следует вызвать рвоту и промыть желудок тёплой водой или 2-3 процентным раствором пищевой соды.

При разливе теплоносителя в помещении, его необходимо собрать в отдельную тару, место разлива протереть ветошью, использованный песок, опилки, ветошь удалить из цеха в места для сбора отходов, согласованные с местными природоохранными органами.

## Список использованных источников к приложению 2

1. Овсянников Д.А. Основные аспекты воздействия на окружающую природную среду токсичных компонентов ракетного топлива // Двойные технологии, 2003. - №2.

2. Токсикологический паспорт №28. Диметилгидразин несимметричный / В сб. «Вредные химические вещества в ракетно-космической отрасли. Справочник». - ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, 2011. С.118-126.

3. Атлас Алтайского края. –М.:МГУ, 1991.

4. Гавришин А.И. Оценка и контроль качества геохимической информации. – М.:Недра, 1986.

5. Временный эколого-экономический паспорт района падения ОЧ СВ №148. – М.:МГУ, 1992, 60 с.

6. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М.:Минприроды РФ, 1992.

7. Предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест: Гигиенические нормативы - М.: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава России, 1998. - 69с.

8. Касимов В.С., Гребенюк В.Б., Королева Т.В., Проскуряков Ю.В. Поведение ракетного топлива в почве, воде и растениях.//Почвоведение. – 1994, №9, с.110-120.

9. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергинеза. – М.:Недра, 1972.

10. Ермаков Е.И., Панова Г.Г., Петрова З.М. и др. Влияние несимметричного диметилгидразина на состояние почвенно-растительной системы // В сб. Экологические аспекты воздействия компонентов жидких ракетных топлив на окружающую среду. Материалы научно-практической конференции 19-22 сентября 1995 г. - С.-Пб.: РНЦ «Прикладная химия», 1996, с. 15-19.

11. Сборник методических указаний по определению 1,1-диметилгидразина и продуктов его деструкции в объектах производственной, окружающей среды и биосредах / Под. Ред. Р.Б. Горшковой. – М.:ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, 2011. 728 с.

12. Токсикологический паспорт №1. Азотный тетраоксид / В сб. «Вредные химические вещества в ракетно-космической отрасли. Справочник». - ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, 2011.С.19-23.

13. Панова Г.Г. Влияние компонентов ракетного топлива на почвенно-растительную систему / Автореферат дис. канд. биол. наук – С.-Пб.: Агрофизический НИИ, 1997. 16с.

14. Копреев А.А. Экологические свойства химических элементов и их соединений: Учеб. пособие. – М.:ВА РВСН им. Петра Великого, 1998. - 120 с.

15. Токсикологический паспорт №18. Гидразин / В сб. «Вредные химические вещества в ракетно-космической отрасли. Справочник». - ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, 2011.С.80-85.

16. ГОСТ Р 52985-2008. Экологическая безопасность ракетно-космической техники. Общие технические требования.

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 4

17. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

18. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (утв. приказом Минсельхоза России от 13.12.2010 № 552).

**Копия приказов об утверждении заключений экспертных комиссий ГЭЭ на КРК «Ангара»**



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ

**П Р И К А З**

14 января 2008 г.

№ 148

Москва

**Об утверждении заключения экспертной комиссии  
государственной экологической экспертизы проекта  
«Космический ракетный комплекс «Ангара»**

В соответствии с Федеральным законом от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе» и на основании Положения о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июля 2004 г. № 401, п р и к а з ы в а ю:

1. Утвердить прилагаемое заключение экспертной комиссии государственной экологической экспертизы проекта «Космический ракетный комплекс «Ангара», подготовленное экспертной комиссией на основании приказа Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20 декабря 2007 г. № 878 «Об организации и проведении государственной экологической экспертизы проекта «Космический ракетный комплекс «Ангара», устанавливающее соответствие проекта экологическим требованиям и возможность реализации намечаемой деятельности.

2. Установить срок действия прилагаемого заключения – 8 лет.

Руководитель

К.Б. Пуликовский



МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ  
В СФЕРЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

**П Р И К А З**

06.02.2017

г.МОСКВА

61

№ \_\_\_\_\_

**Об утверждении заключения экспертной комиссии  
государственной экологической экспертизы проекта  
технической документации на космический ракетный  
комплекс «Ангара»**

В соответствии с Федеральным законом от 23.11.1995 № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе» п р и к а з ы в а ю:

1. Утвердить прилагаемое заключение экспертной комиссии государственной экологической экспертизы проекта технической документации на космический ракетный комплекс «Ангара», образованной приказом Росприроднадзора от 10.11.2016 № 715.

2. Установить срок действия заключения, указанного в п.1 настоящего приказа, восемь лет.

Руководитель



А.Г.Сидоров

Игнатьев Михаил Вадимович  
(499) 254-4629, вн.1488

### Расчет рассеивания загрязняющих веществ от источников выбросов, расположенных на ЗС 11Г143 (площадка 151А)

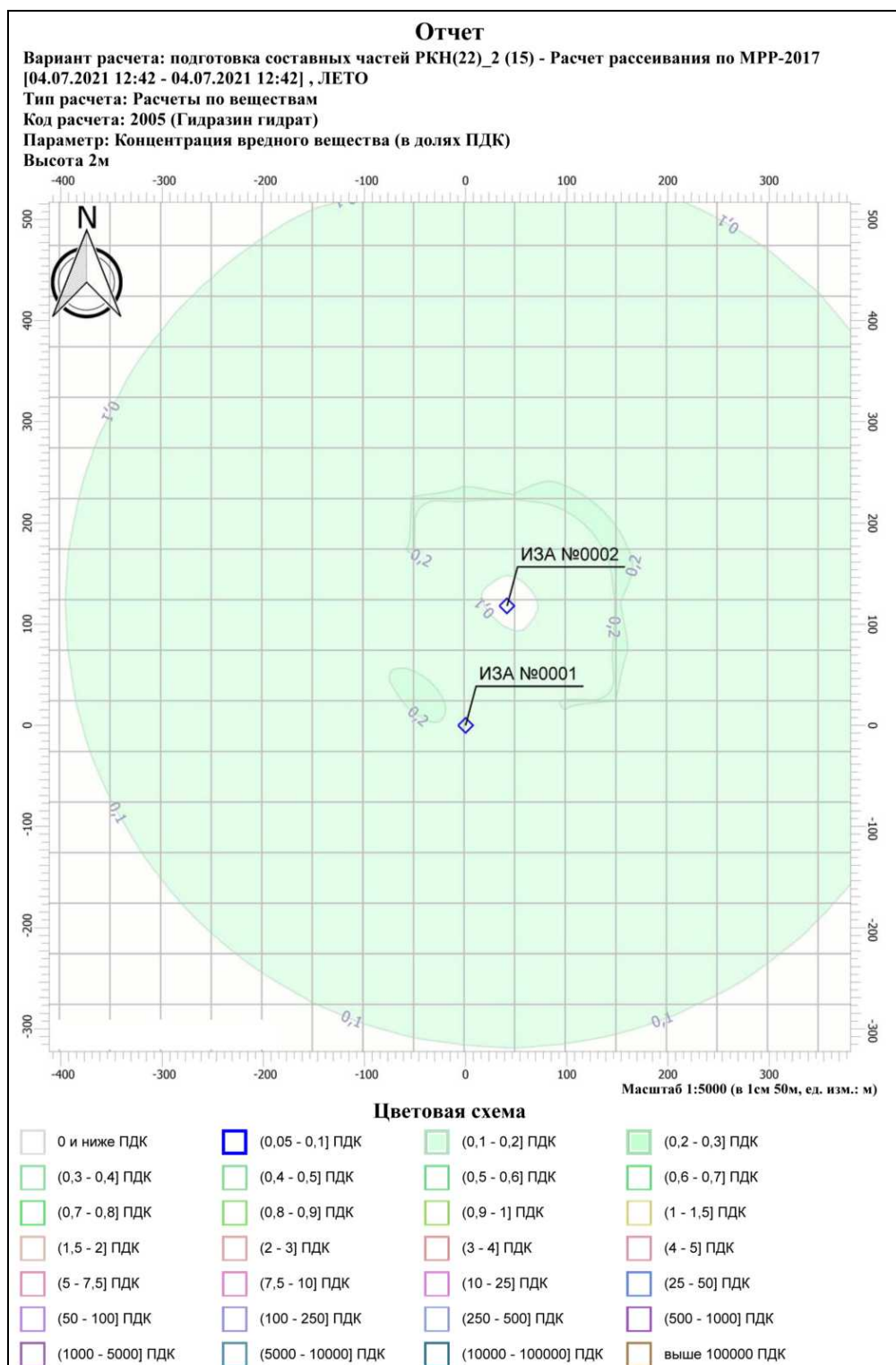


Рисунок П4-1. Расчет рассеивания гидразина на ЗС 11Г143

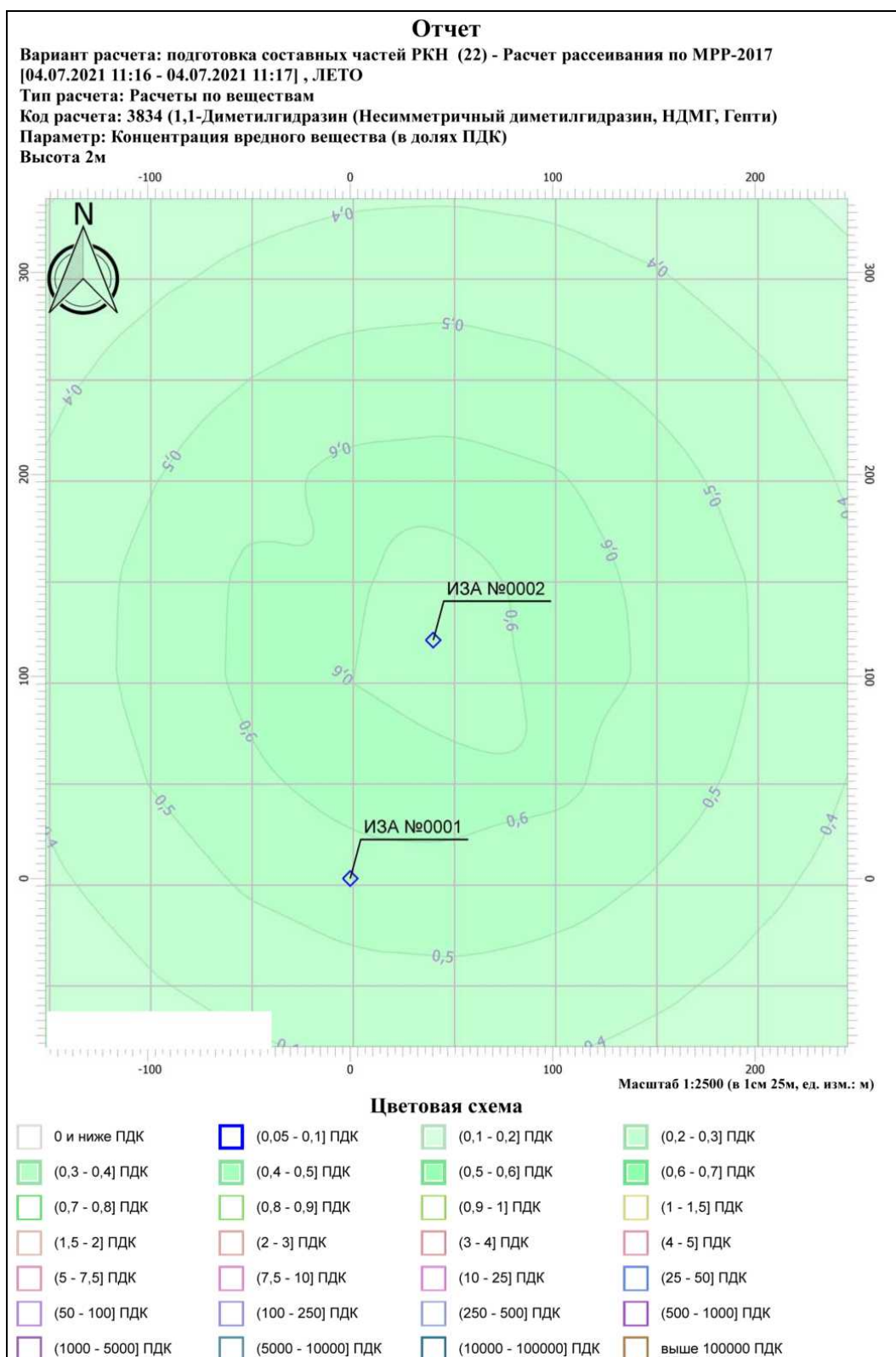


Рисунок П4-2. Расчет рассеивания НДМГ на ЗС 11Г143

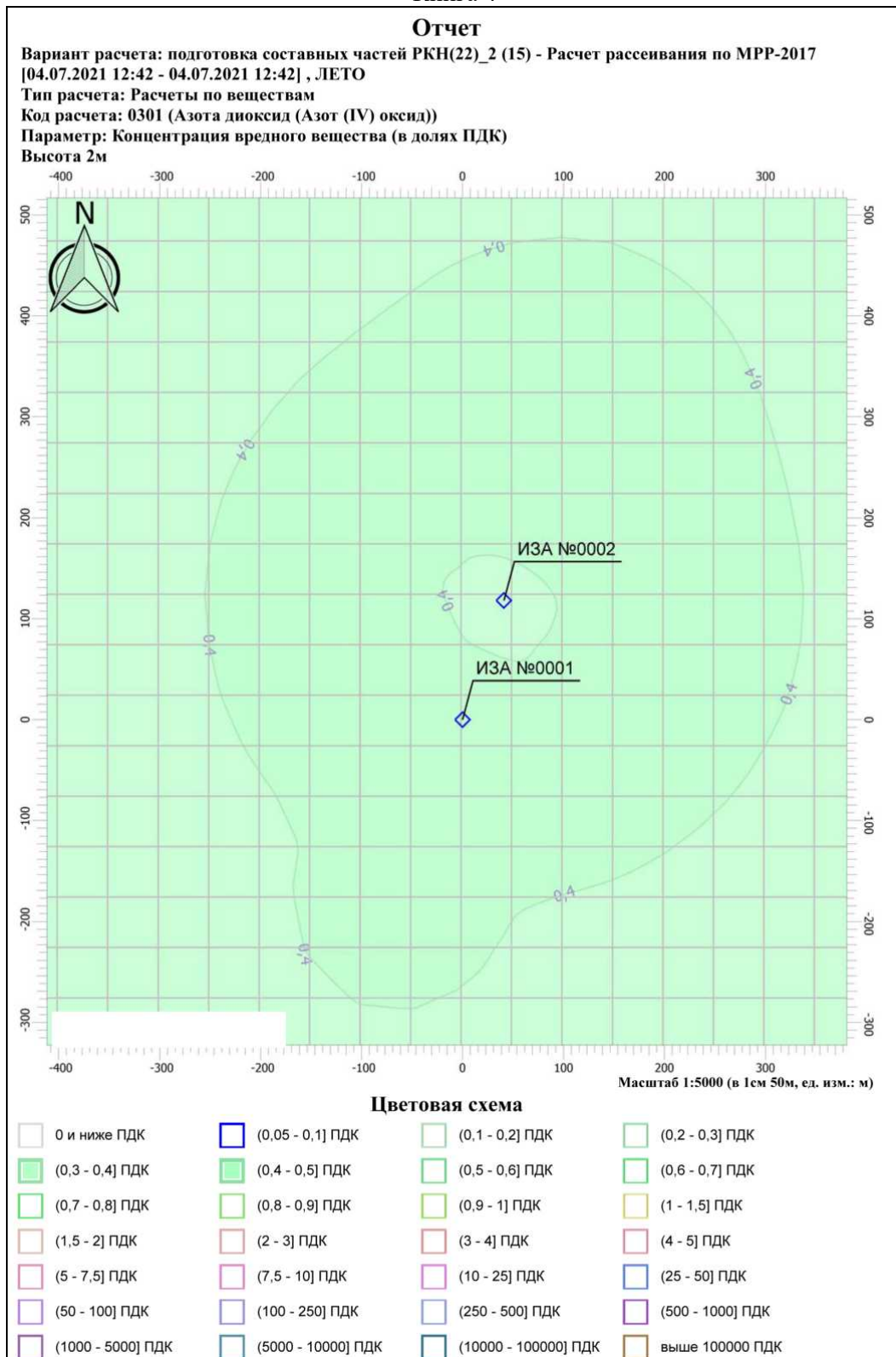


Рисунок П4-3. Расчет рассеивания диоксида азота на ЗС 11Г143

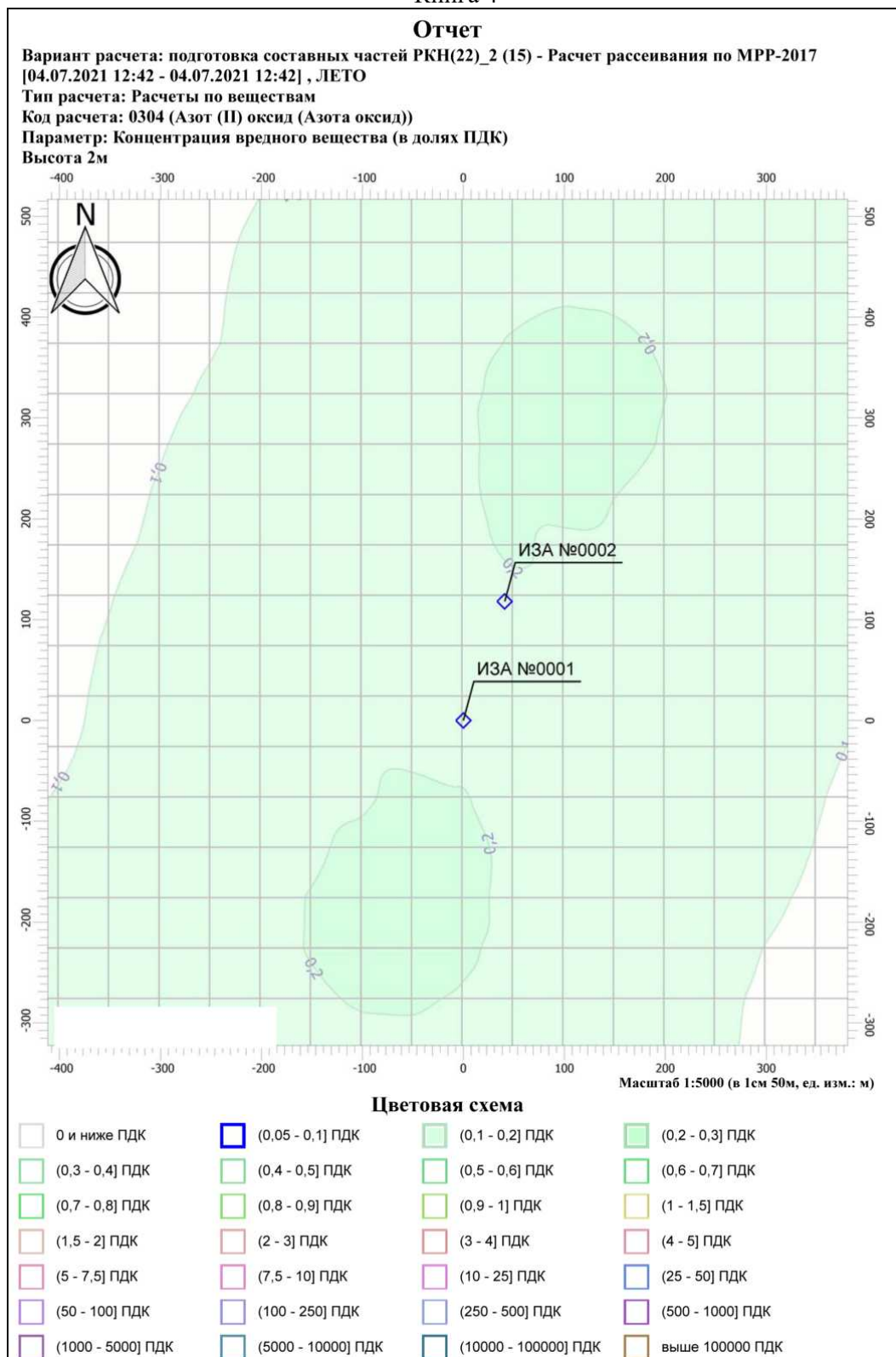


Рисунок П4-4. Расчет рассеивания окиси азота на ЗС 11Г143

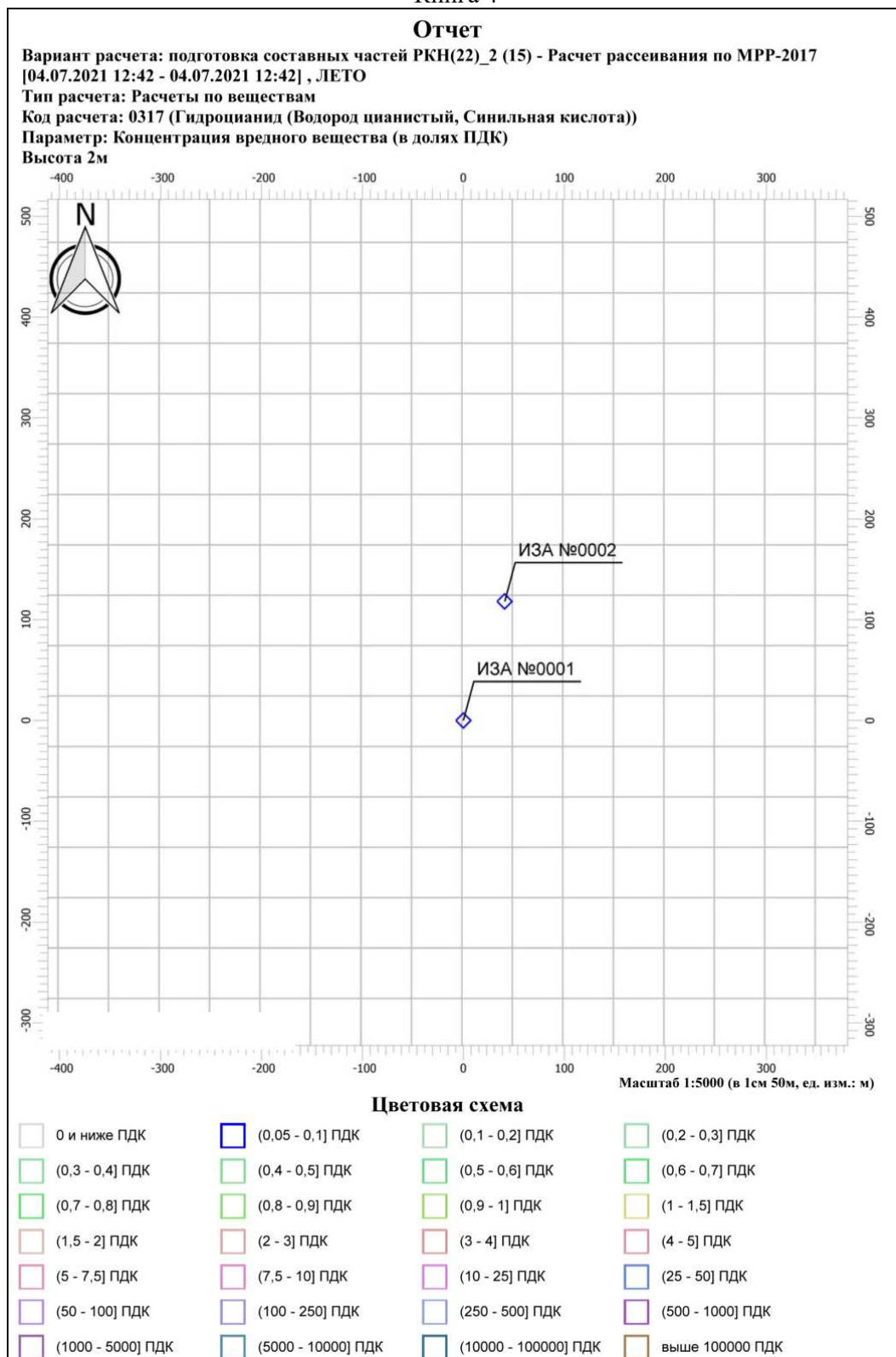


Рисунок П4-5. Расчет рассеивания цианистого водорода на ЗС 11Г143

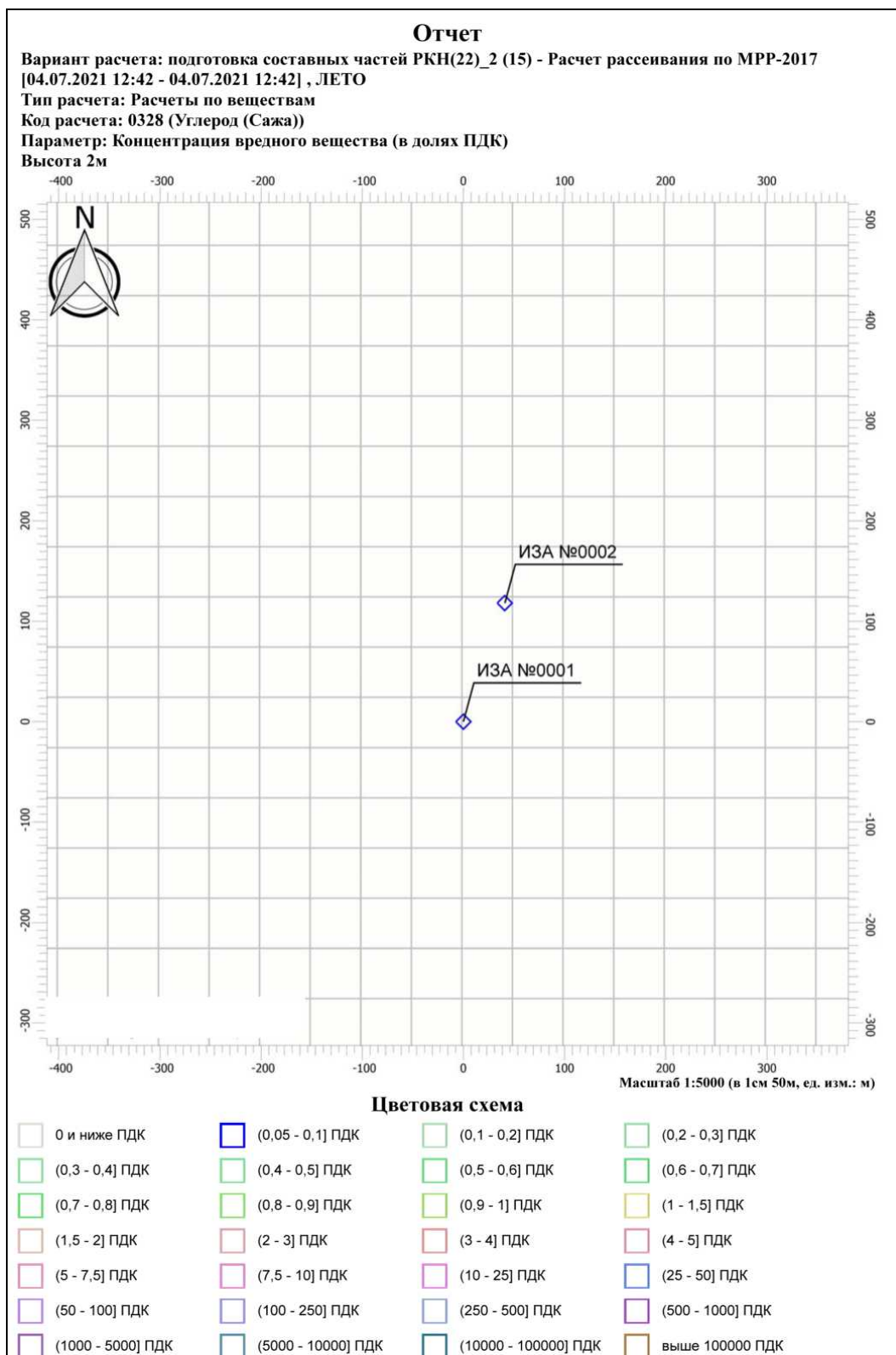


Рисунок П4-6. Расчет рассеивания сажи на ЗС 11Г143

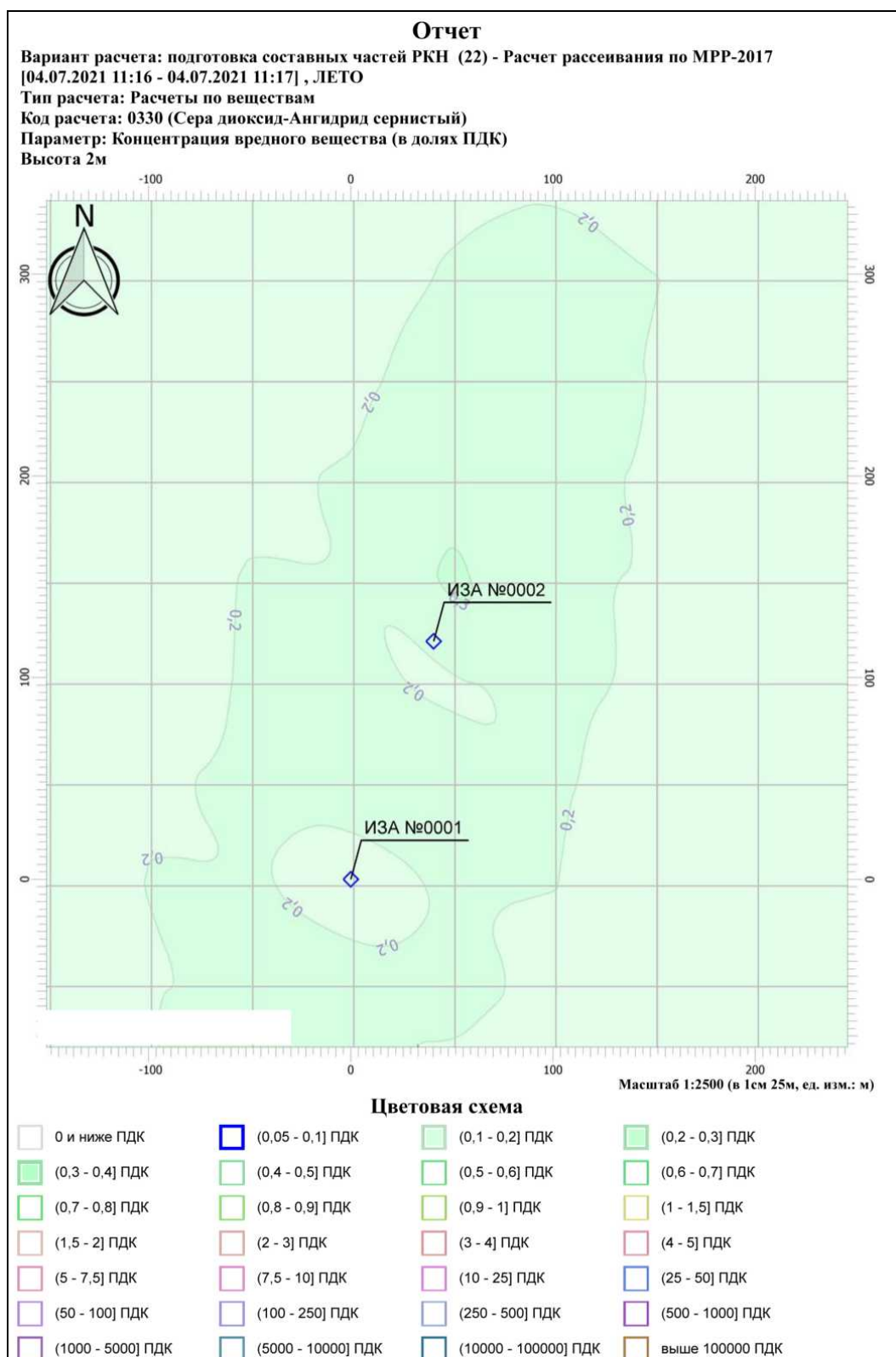


Рисунок П4-7. Расчет рассеивания диоксида серы на ЗС 11Г143

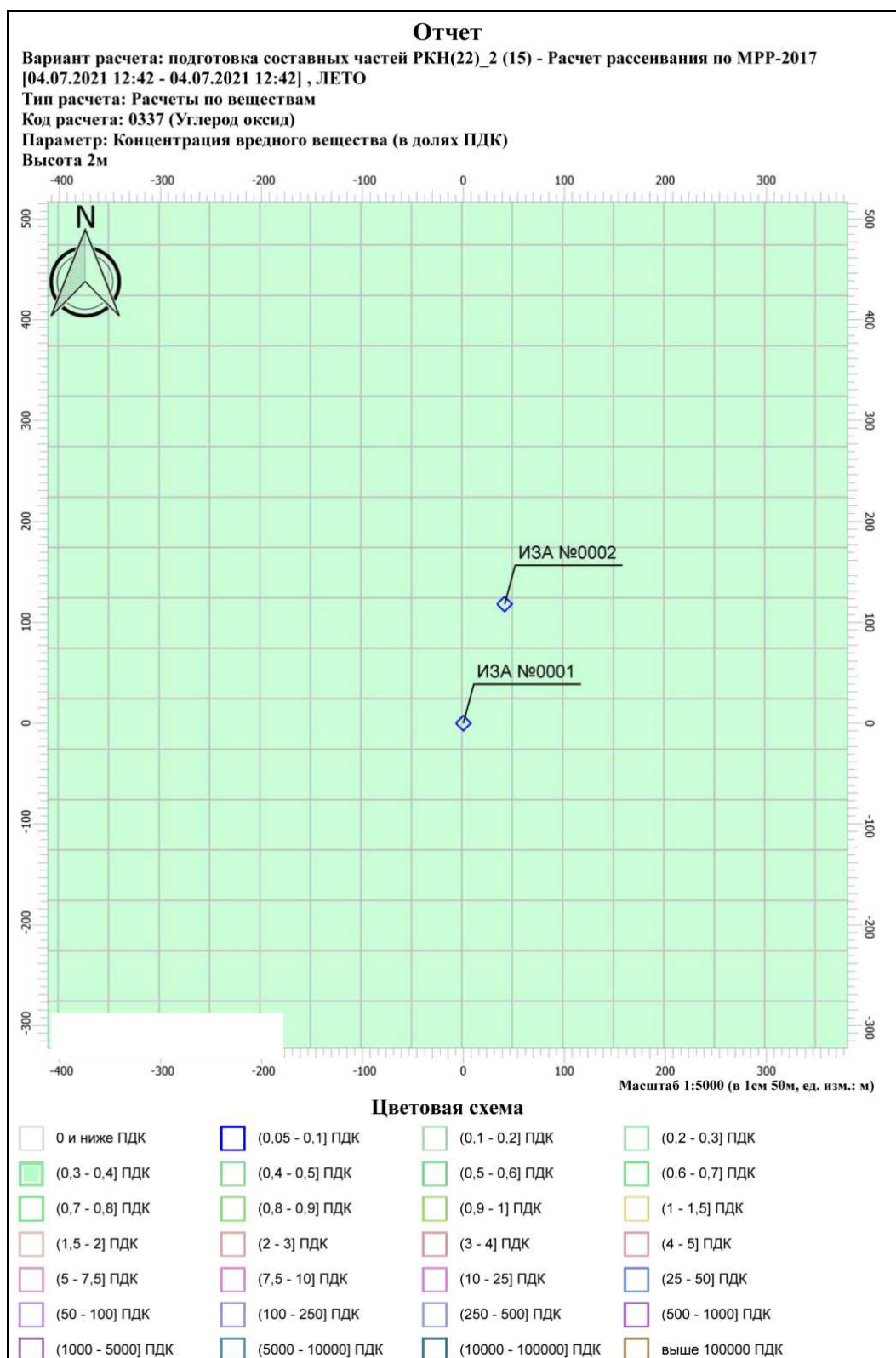


Рисунок П4-8. Расчет рассеивания окиси углерода на ЗС 11Г143

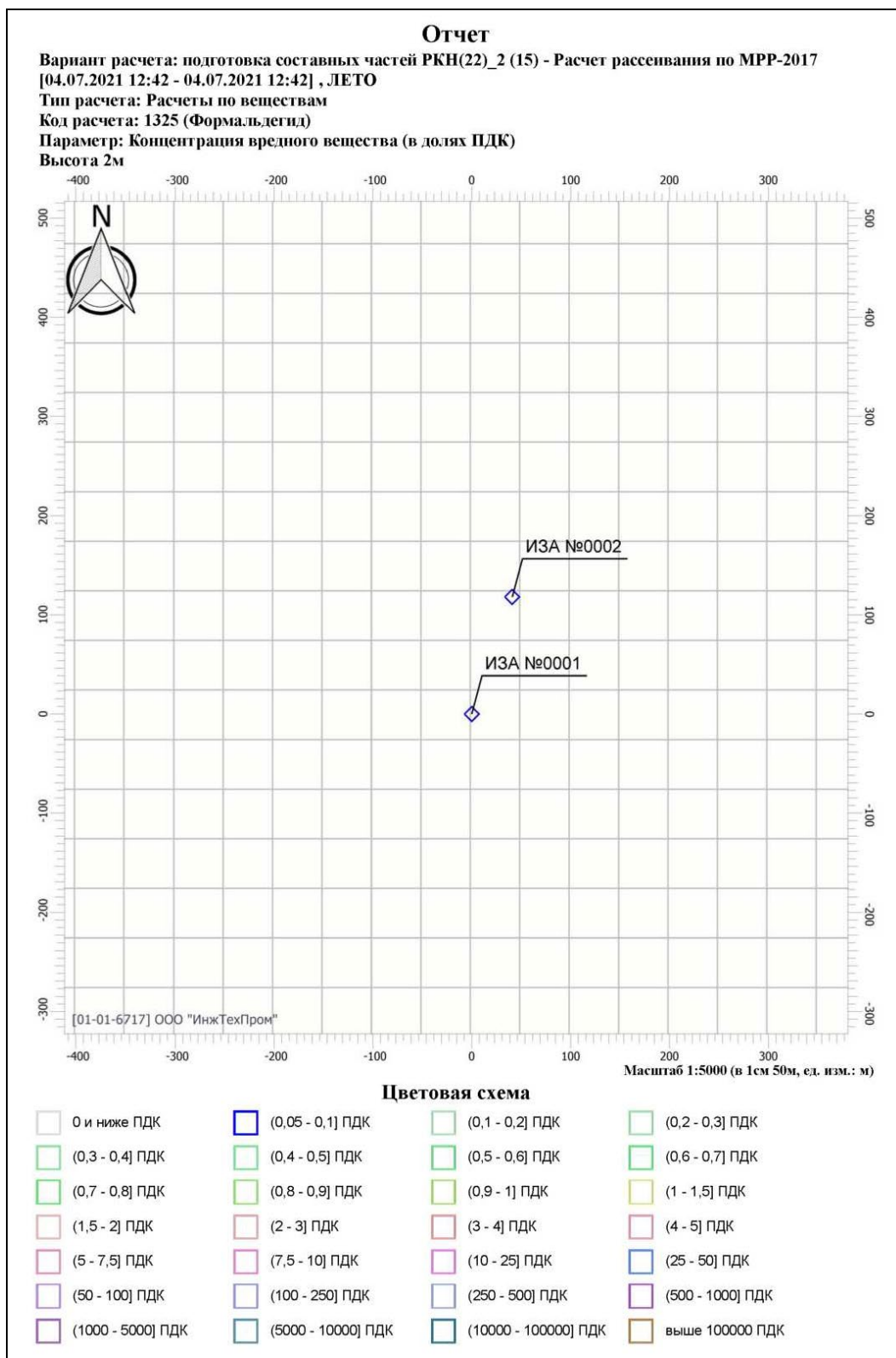


Рисунок П4-9. Расчет рассеивания формальдегида на ЗС 11Г143

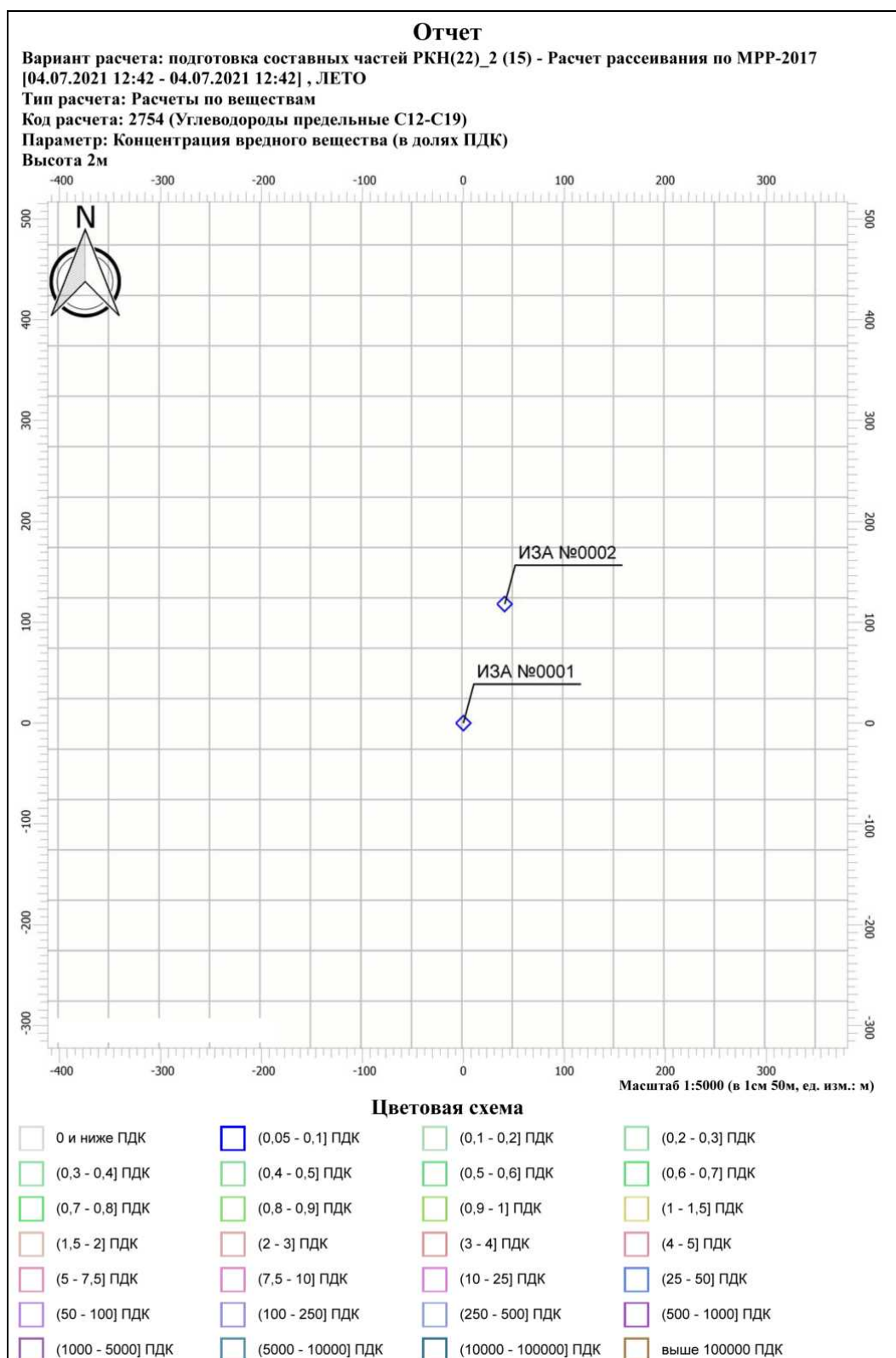


Рисунок П4-10. Расчет рассеивания углеводородов на ЗС 11Г143

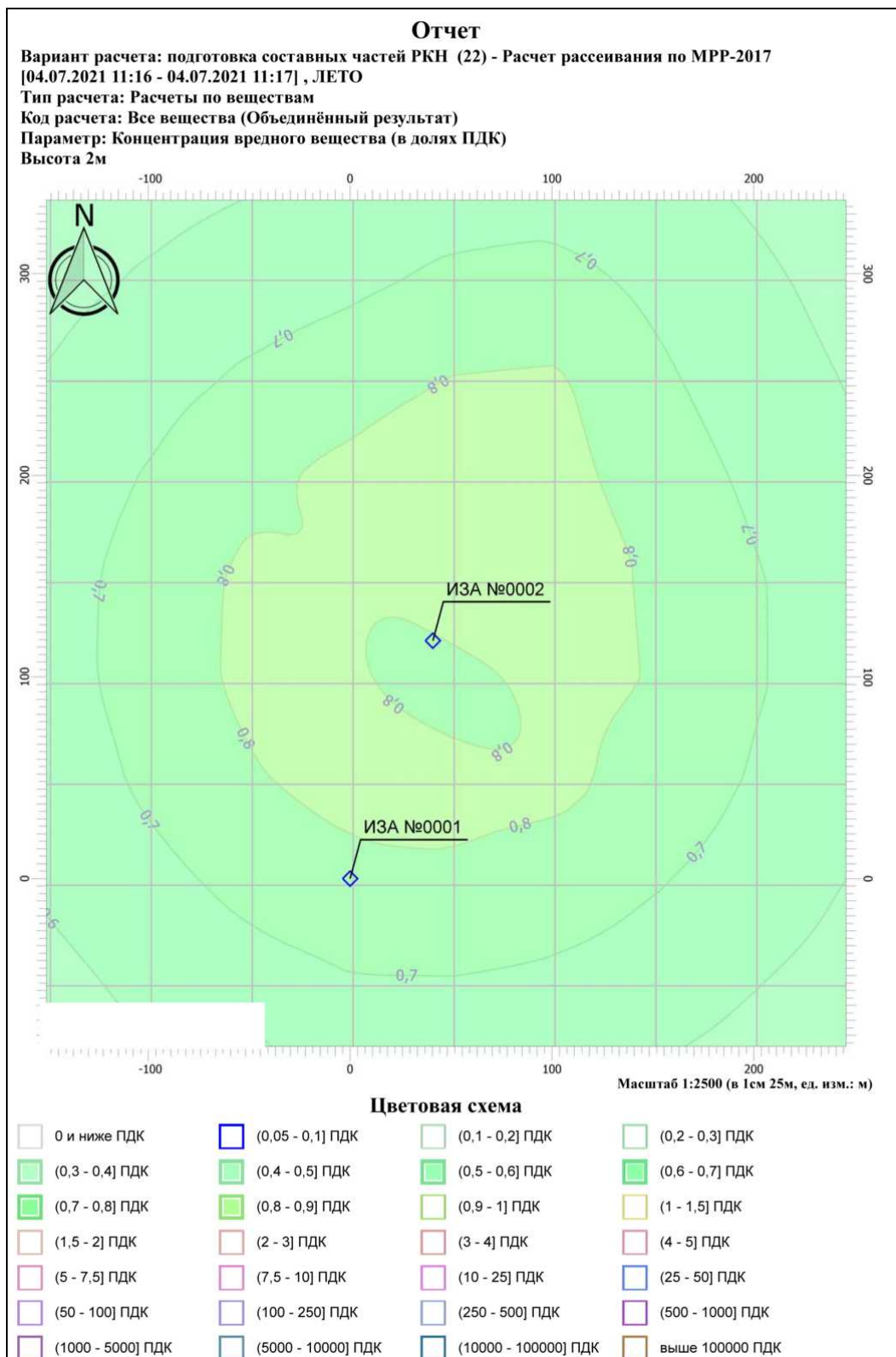


Рисунок П4-11. Расчет рассеивания загрязняющих веществ  
(объединенный расчет) на ЗС 11Г143

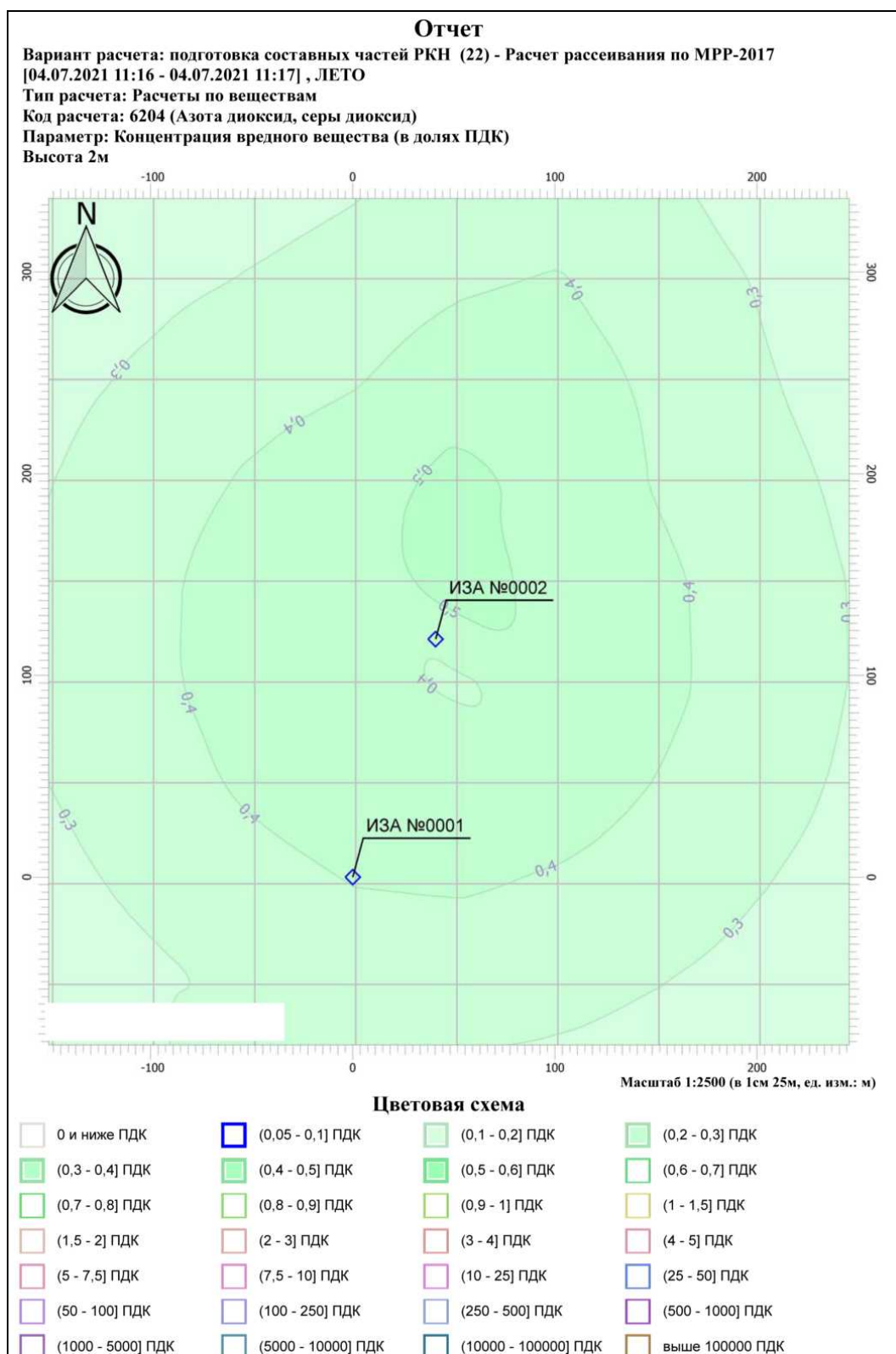


Рисунок П4-12. Расчет рассеивания загрязняющих веществ группы суммации (301, 330) на ЗС 11Г143

### Расчет рассеивания загрязняющих веществ от источников выбросов, расположенных на УСК 14П221 (площадка 35)

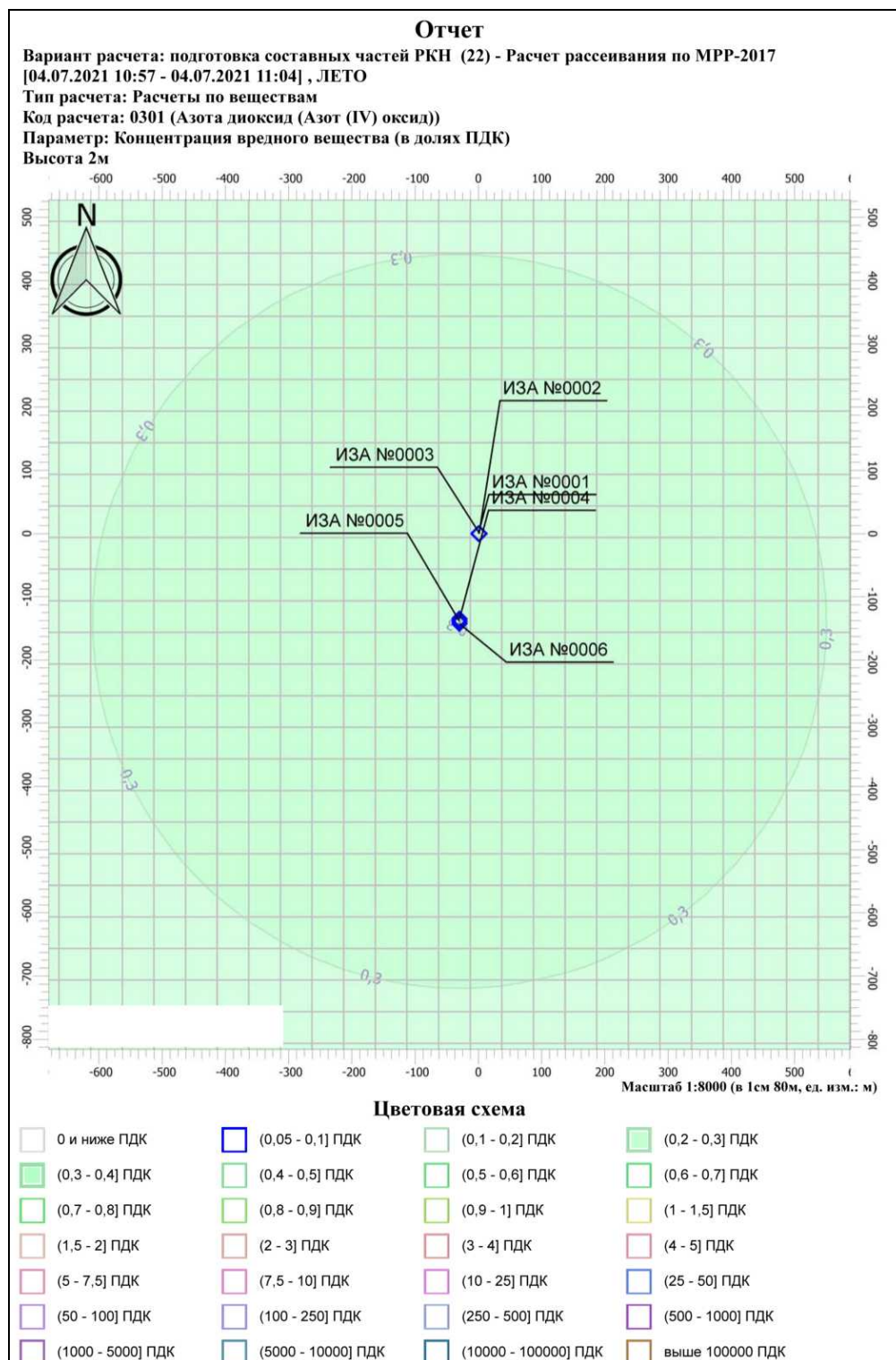


Рисунок П5-1. Расчет рассеивания диоксида азота на УСК 14П221

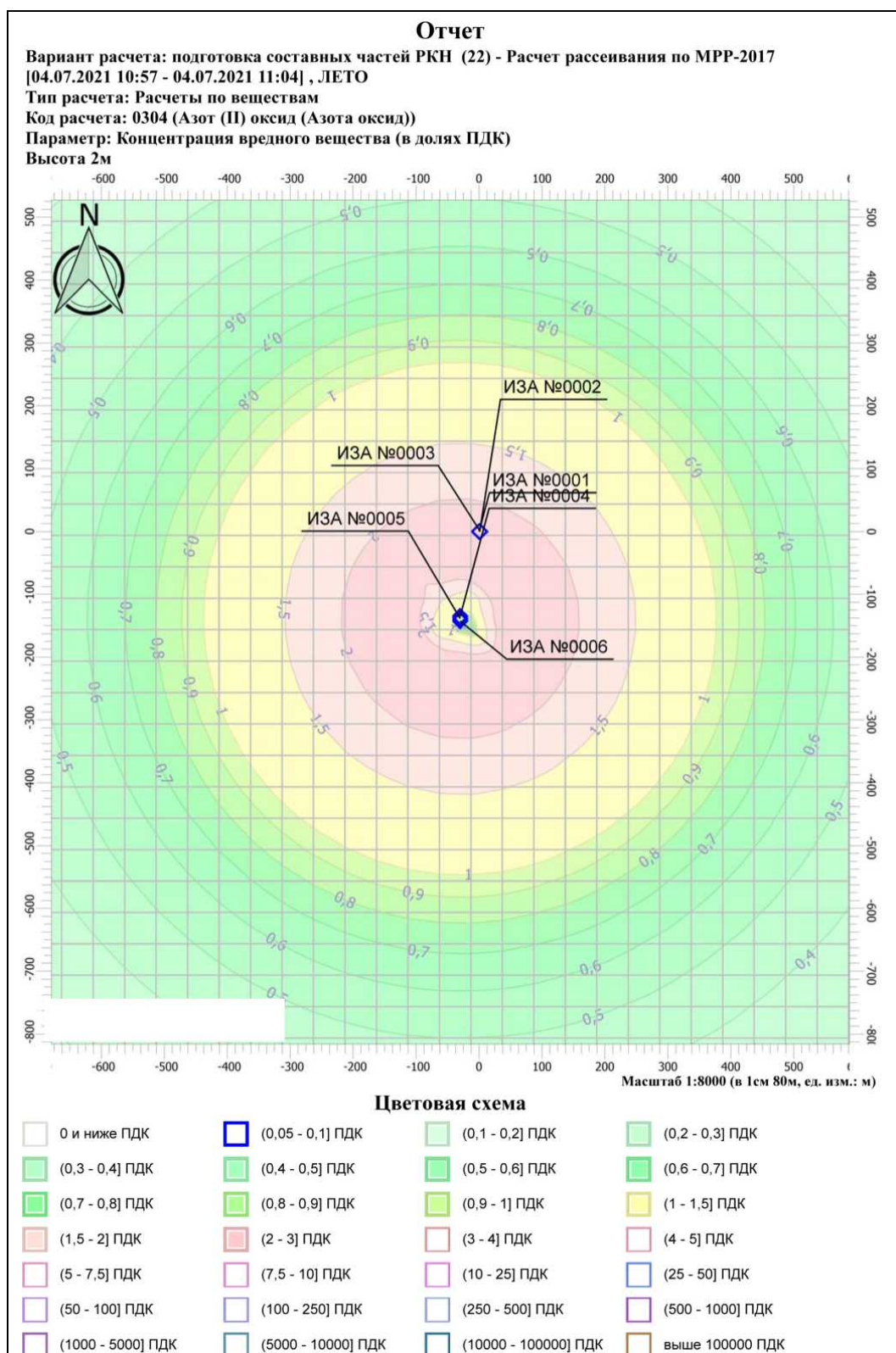


Рисунок П5-2. Расчет рассеивания оксида азота (II) на УСК 14П221

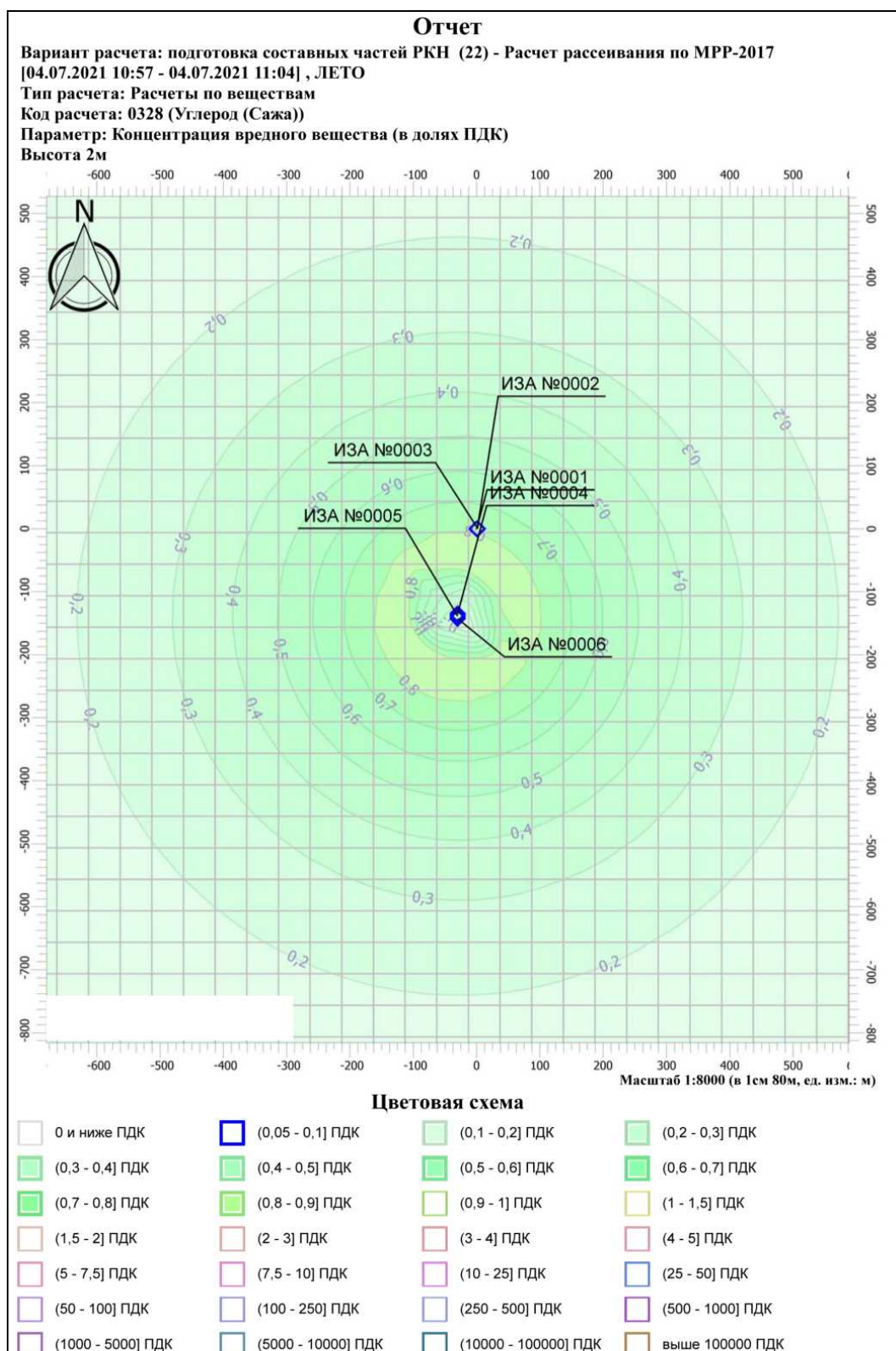


Рисунок П5-3. Расчет рассеивания сажи на УСК 14П221

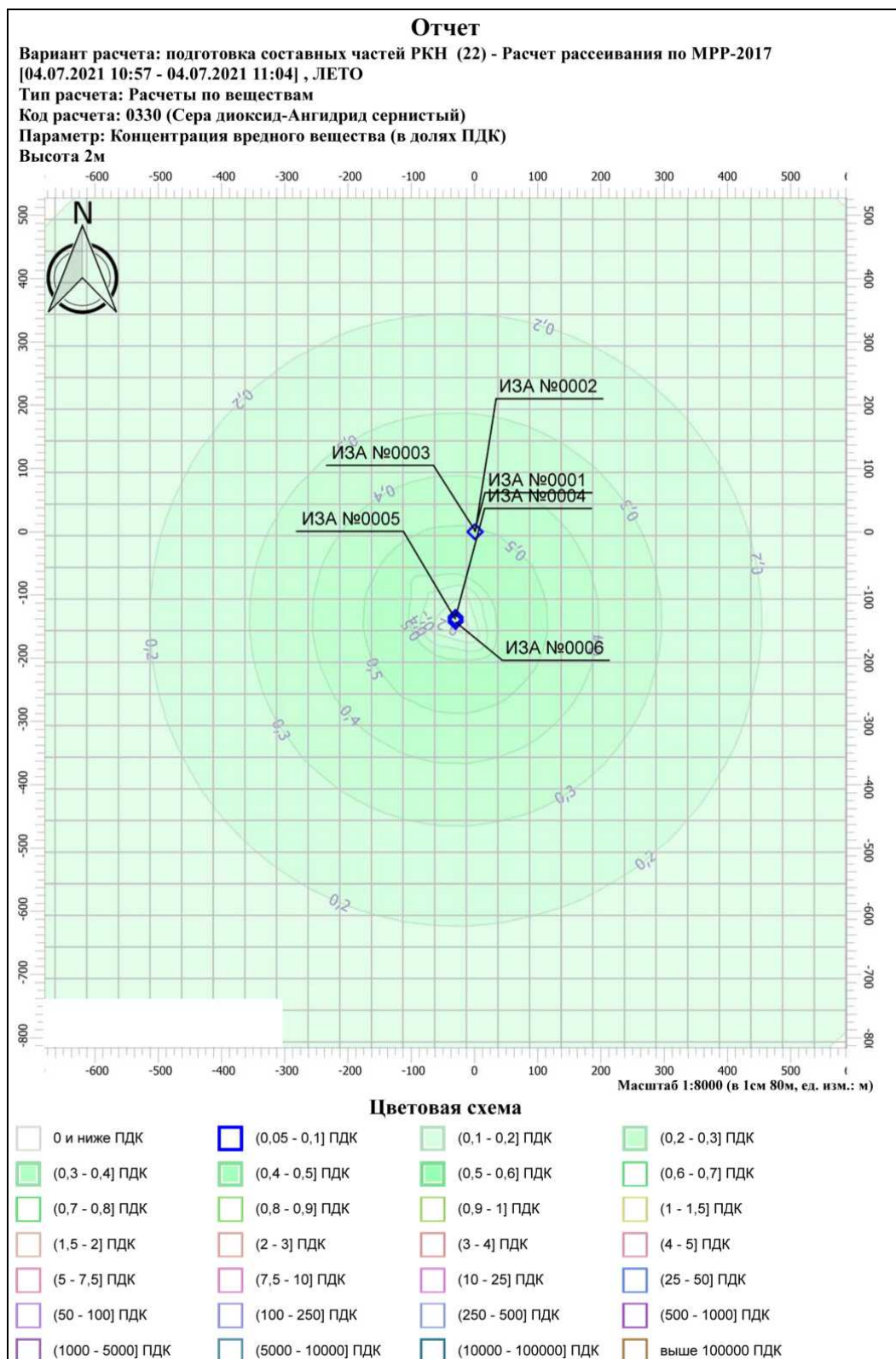


Рисунок П5-4. Расчет рассеивания диоксида серы на УСК 14П221

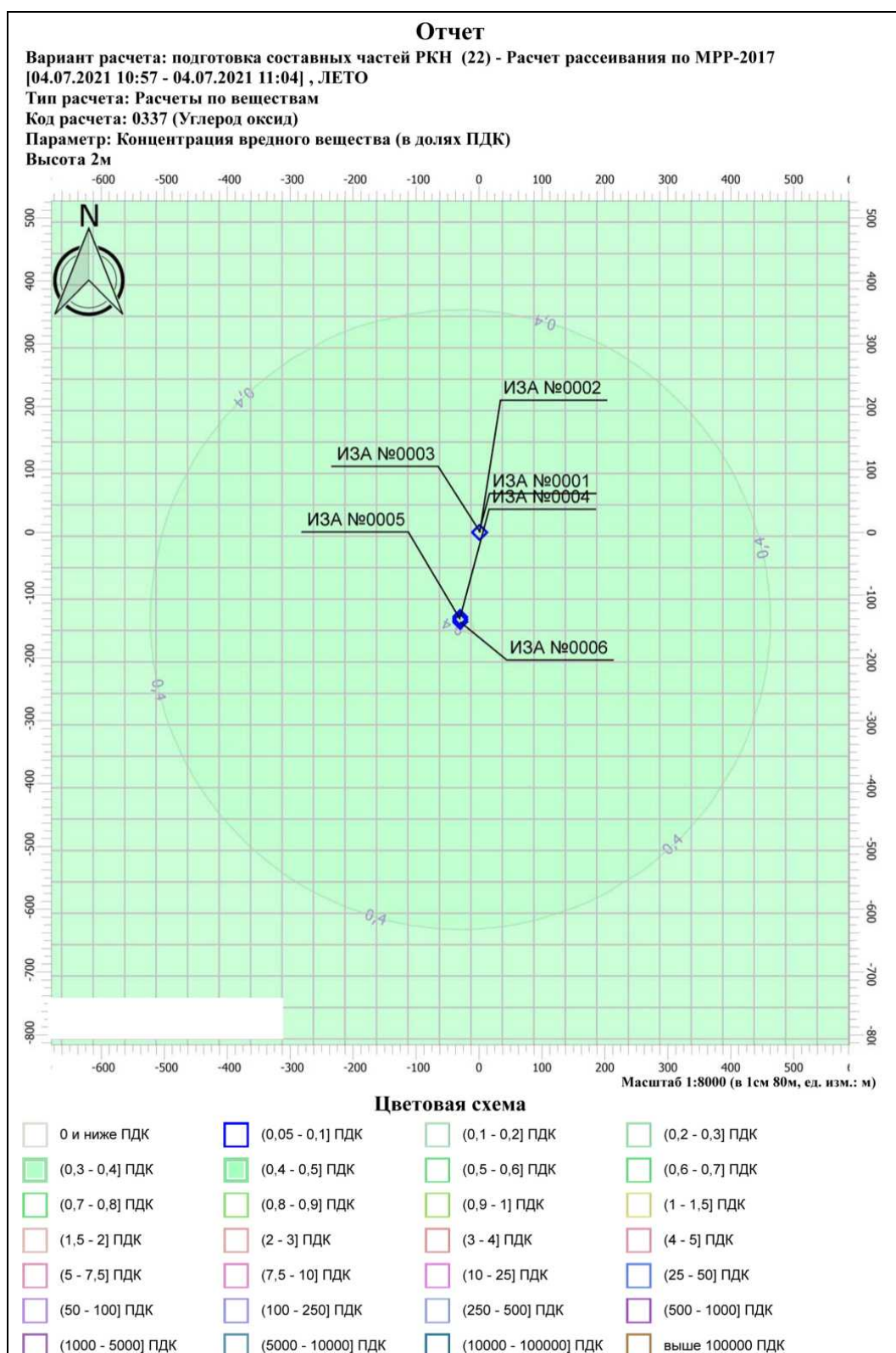


Рисунок П5-5. Расчет рассеивания оксида углерода (II) на УСК 14П221

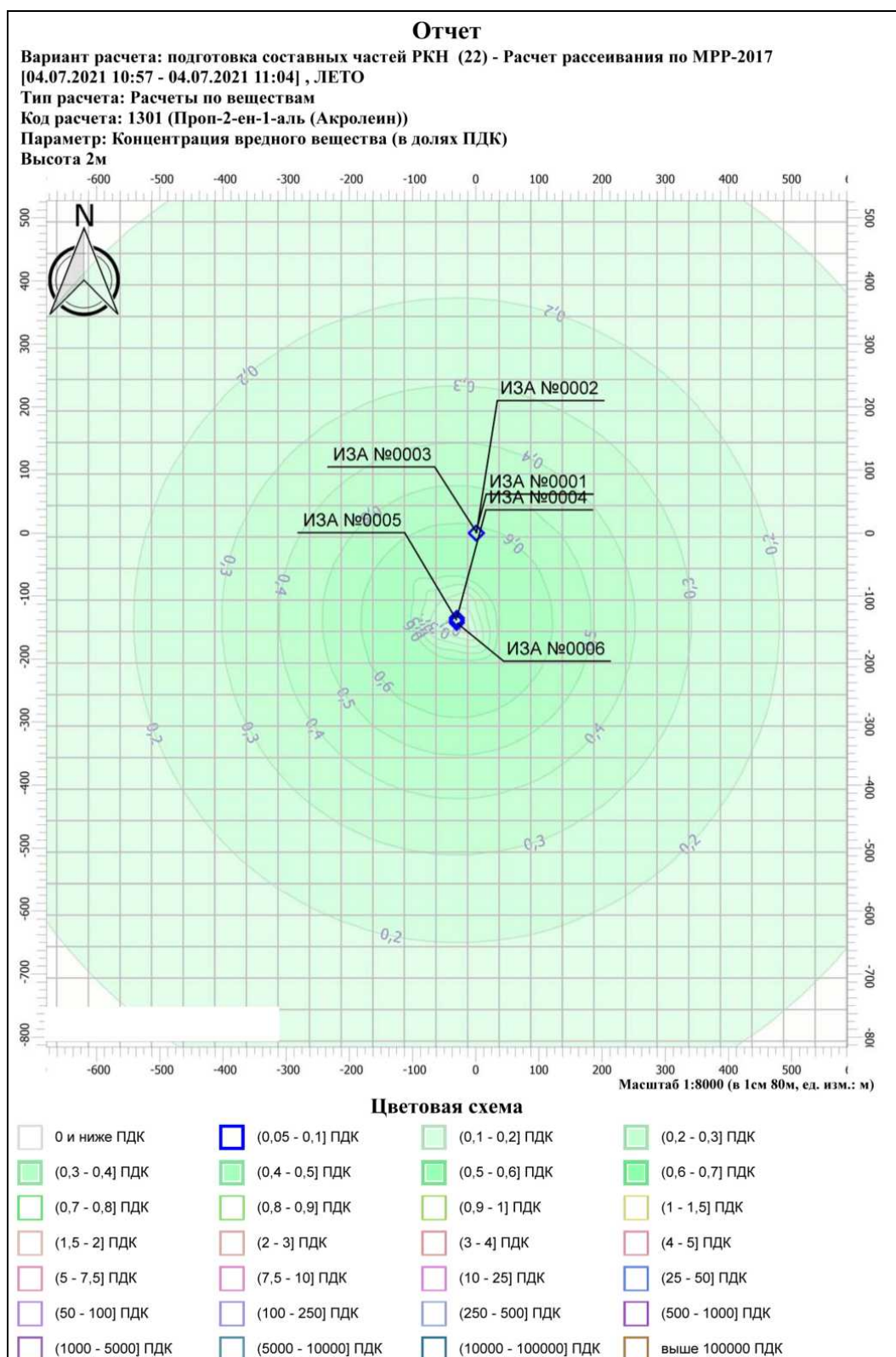


Рисунок П5-6. Расчет рассеивания акролеина на УСК 14П221

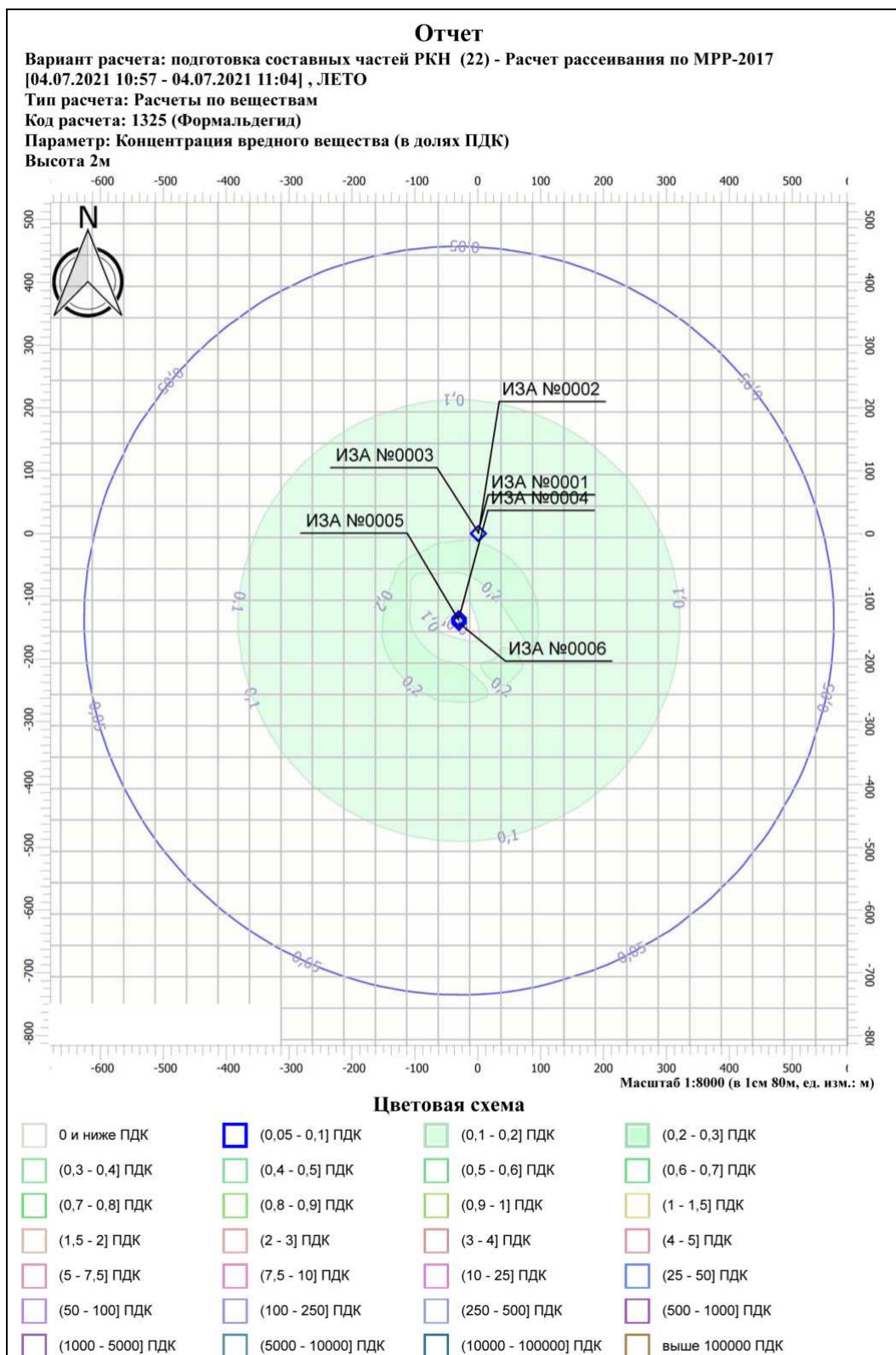


Рисунок П5-7. Расчет рассеивания формальдегида на УСК 14П221

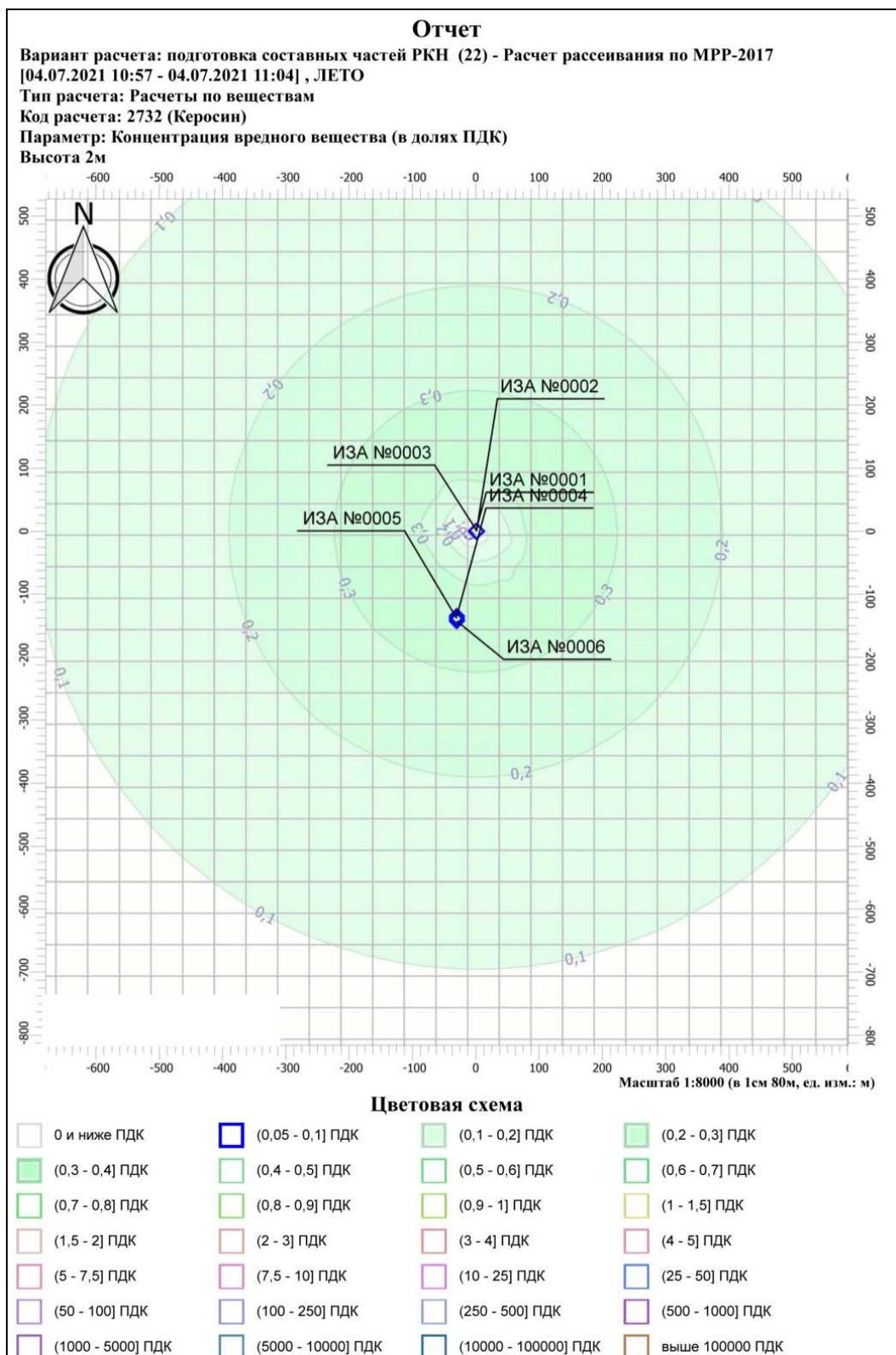


Рисунок П5-8. Расчет рассеивания керосина на УСК 14П221

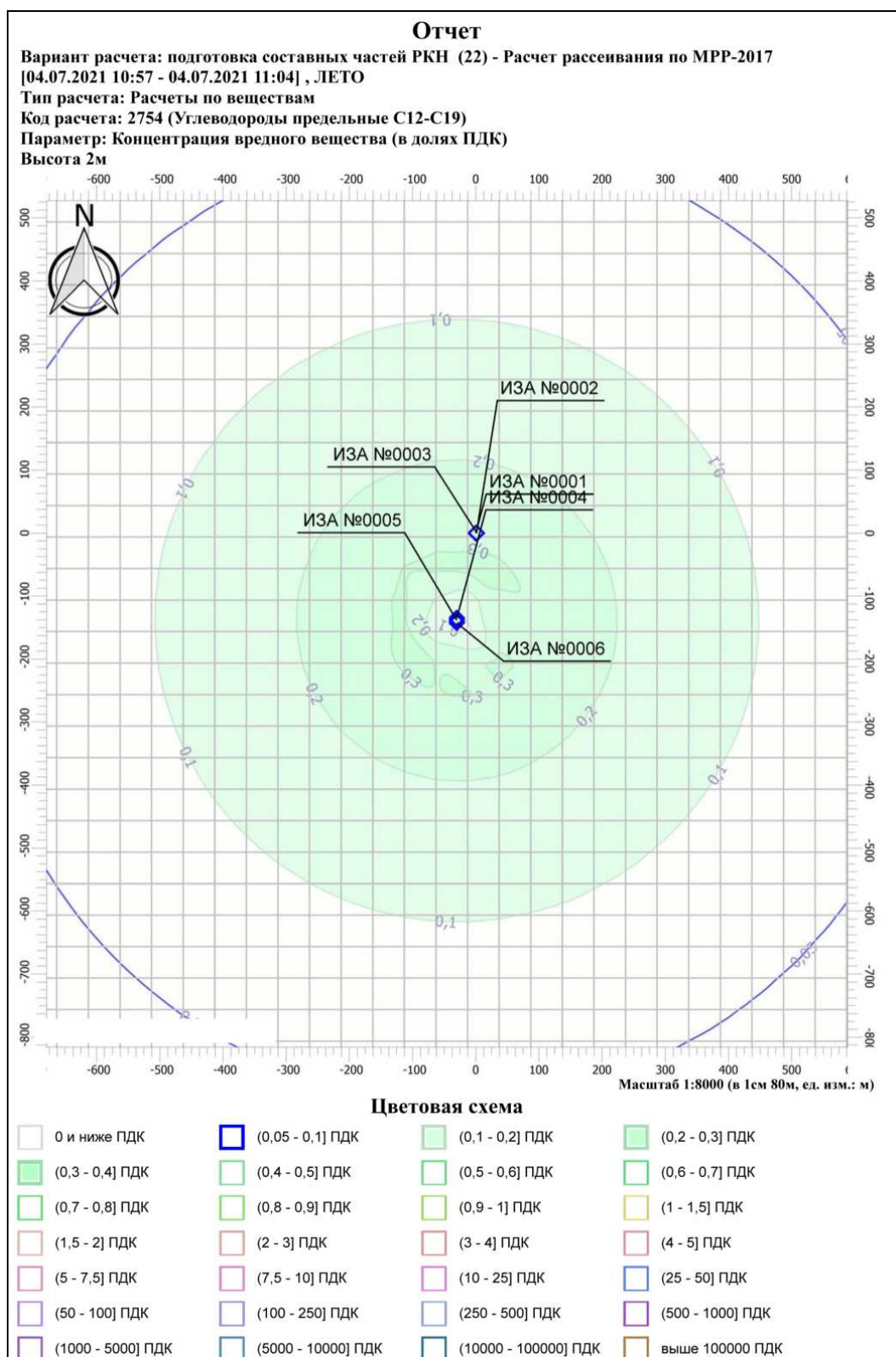


Рисунок П5-9. Расчет рассеивания предельных углеводородов на УСК 14П221

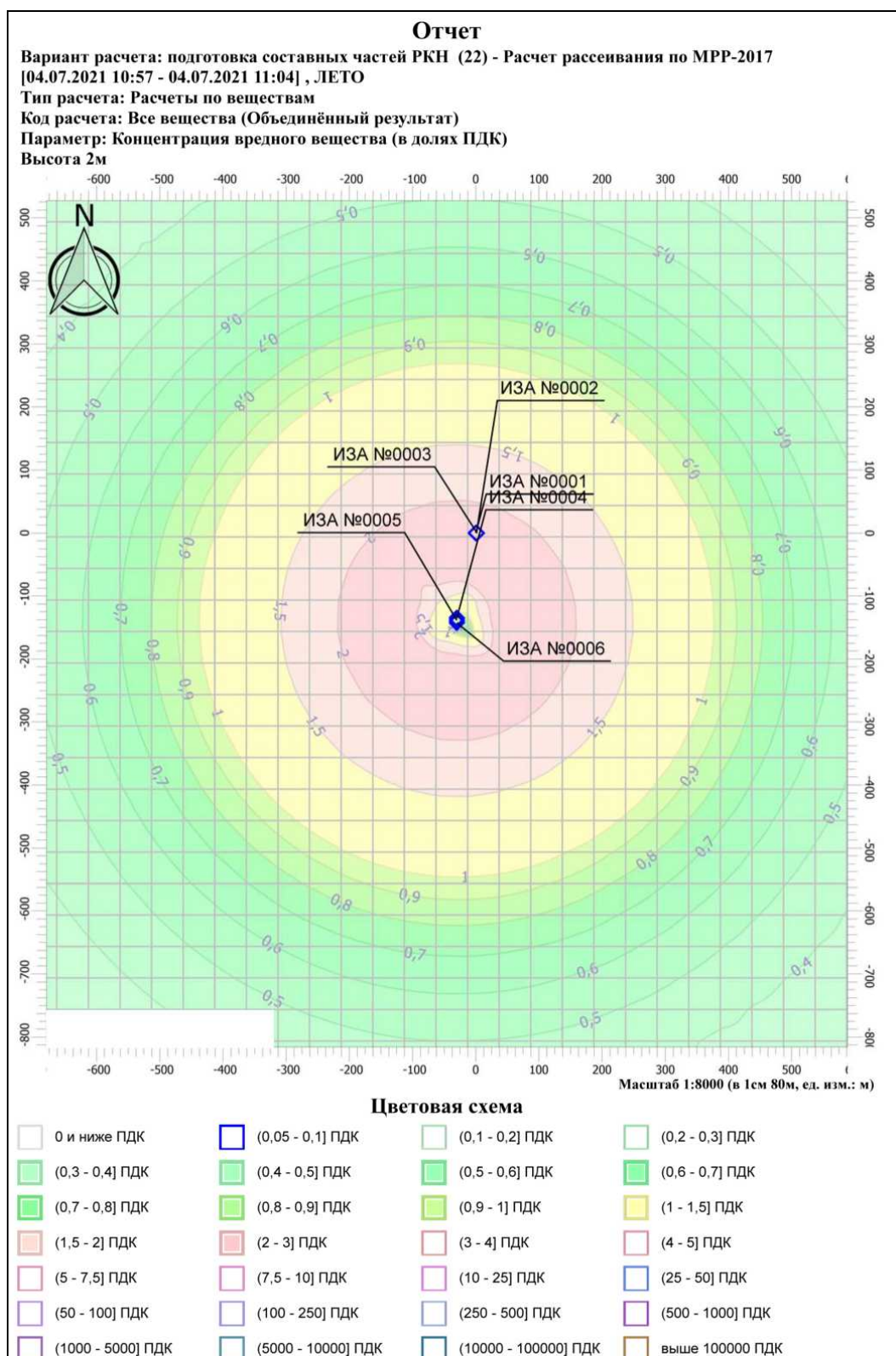


Рисунок П5-10. Расчет рассеивания загрязняющих веществ (объединенный расчет) на УСК 14П221

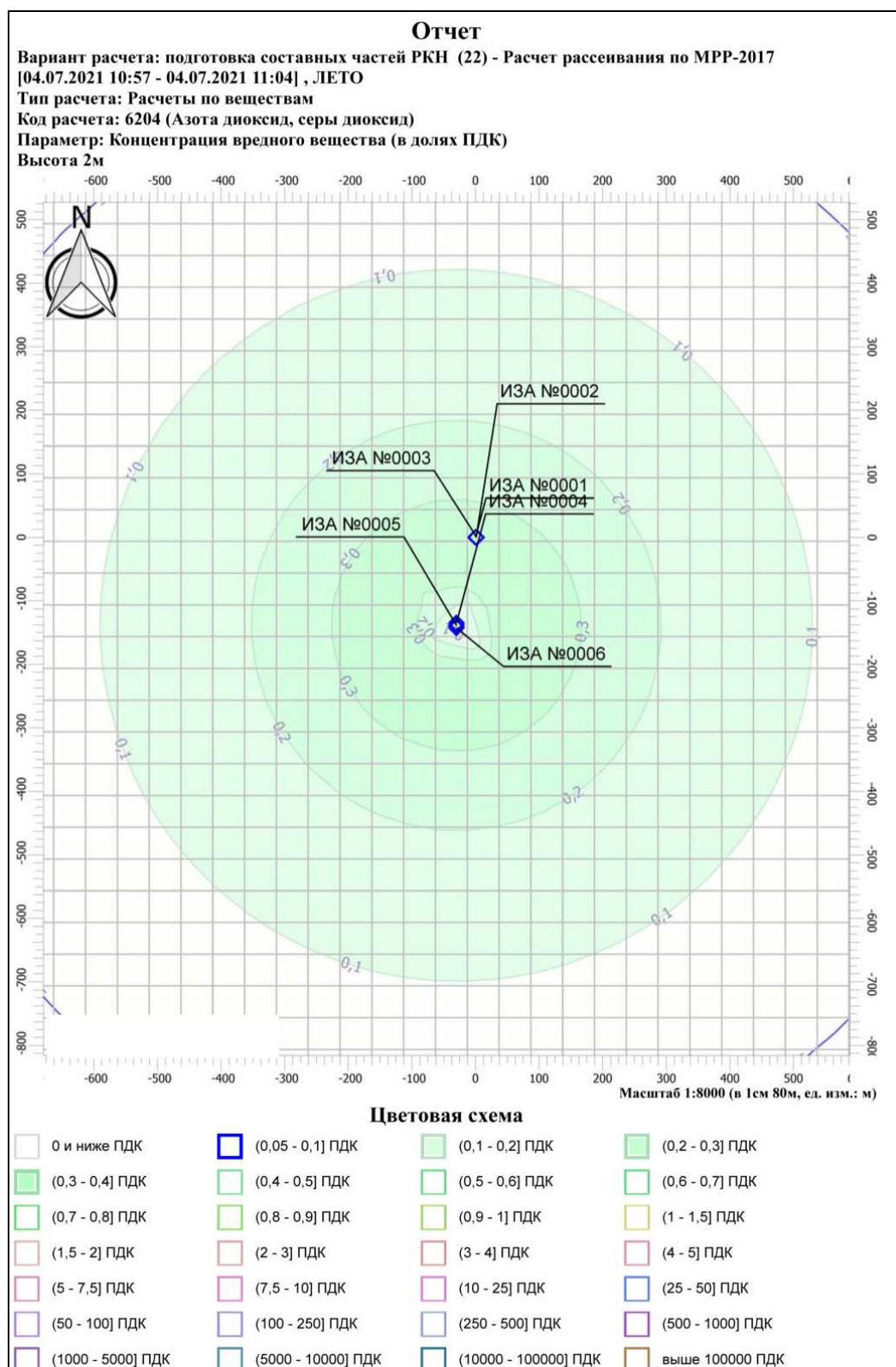


Рисунок П5-10. Расчет рассеивания загрязняющих веществ группы суммации (301, 330) на УСК 14П221