

Кучерская Т.И., Гюльмамедов Э.Ю., Комбарова М.Ю., Поляков А.Д.

Прогноз аварийных ситуаций с проливом компонентов жидкого ракетного топлива на территории по утилизации химически опасных веществ

ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» Федерального медико-биологического агентства, 188663, Ленинградская область, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Введение. Жидкое топливо включает в себя два основных компонента — горючее и окислитель. Распространёнными компонентами жидких ракетных топлив (КЖРТ) являются высокотоксичные соединения — гептил (несимметричный диметилгидразин (НДМГ)) и амил (азотный тетраоксид). Расчёт сценариев аварийных ситуаций с проливом компонентов жидкого ракетного топлива на местность предназначен для оперативного прогнозирования масштабов загрязнения, оптимизации работ в зоне химического заражения и разработки системы медико-санитарного обеспечения населения при возникновении экстремальной ситуации.

Материал и методы. В статье представлены сценарии аварийных ситуаций с проливом компонентов жидких ракетных топлив на территории химически опасных объектов и при транспортировке.

Результаты. Исследован расчёт распространения ориентировочных концентраций при проливах на открытой местности тетраоксида азота (ТА) и НДМГ. Полученные сценарии аварийных ситуаций указывают на возможность распределения токсических концентраций: на уровне CL_{50} в пределах 1 км при проливе НДМГ от 0,5 до 10 тонн, ТА — от 0,1 до 5 тонн; на уровне $1/10 CL_{50}$ — пороговой токсодозы (концентрации) на расстояние до 0,5–0,7 км при проливе НДМГ от 0,5 до 1,0 тонны, а ТА — до 1 тонны.

Ограничения исследования. При изучении сценариев аварийных ситуаций с проливом компонентов жидких ракетных топлив на территории проведена оценка распространения ориентировочных концентраций компонентов согласно нормативному документу по методике прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и при транспортировке.

Заключение. В результате исследования выявлено, что население, проживающее в радиусе свыше 2 км от места аварии, может оказаться под воздействием распространения КЖРТ, что зависит от объёма пролива, вида аварийно-опасного химического вещества и направления ветра в зоне химического поражения.

Ключевые слова: аварийно-опасные химические вещества; компоненты жидкого ракетного топлива; зона защитных мероприятий; химическая авария; тетраоксид азота; несимметричный диметилгидразин

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Кучерская Т.И., Гюльмамедов Э.Ю., Комбарова М.Ю., Поляков А.Д. Прогноз аварийных ситуаций с проливом компонентов жидкого ракетного топлива на территории по утилизации химически опасных веществ. *Токсикологический вестник*. 2024; 32(4): 201–208. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2024-32-4-201-208>

Для корреспонденции: Кучерская Таисия Ивановна, научный сотрудник ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России, 188663, Ленинградская область, Российская Федерация, e-mail: kucherskaia@gpRech.ru

Участие авторов: Кучерская Т.И. — сбор и обработка материала, написание текста; Гюльмамедов Э.Ю., Поляков А.Д. — сбор и обработка материала, редактирование; Комбарова М.Ю. — концепция и дизайн исследования. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Введение

В качестве источника энергии в ракетных двигателях в настоящее время применяется химическая энергия топлива. Горючее и окислитель – это два основных компонента, включенных в состав жидкого топлива. Распространёнными компонентами жидких ракетных топлив (КЖРТ) являются высокотоксичные соединения – гептил (несимметричный диметилгидразин (НДМГ)) и амил (азотный тетраоксид) [1, 2].

Анализ этапов технологического процесса показывает, что аварийные ситуации на объекте возможны при выполнении следующих видов работ: транспортировка компонентов ракетного топлива и заправленной ракетно-космической техники; стыковка и расстыковка сливо-заправочных магистралей при заполнении технологических систем компонентами ракетного топлива; заполнение компонентами ракетного топлива магистралей технологических систем сооружений до мембран клапанов «входов» двигателя; заправка баков ракетно-космической техники компонентами жидкого ракетного топлива; заправка (слив) расходных ёмкостей компонентами жидкого ракетного топлива; ремонт агрегатов пневмогидравлических систем – слив компонентов жидкого ракетного топлива из баков ракетно-космической техники; устранение негерметичности частей ракетно-космической техники, заправленной компонентами жидкого ракетного топлива; первичный демонтаж поступившего на нейтрализацию изделия с топливными баками, находящимися под транспортным давлением; стыковка сливо-заправочных магистралей ракет с системой нейтрализации технологического корпуса базы и сброс транспортного давления из баков горючего и окислителя со сливом их остатков; нейтрализация ёмкостей с компонентами ракетного топлива; выполнение операций по перекачке промстоков горючего и окислителя; термическая нейтрализация дренажей и промстоков компонентов ракетного топлива; слив компонентов топлива из транспортировочных цистерн в хранилища [1, 3, 4].

Опасность последствий химических аварий в наибольшей степени определяется летучестью аварийных химически опасных веществ (АХОВ) и продолжительностью их поражающего действия [5, 6].

Компоненты жидкого ракетного топлива – тетраоксид азота (ТА) и гептил (несимметричный диметилгидразин) входят в группу аварийно-опасных химических соединений, относящихся к взрывопожароопасным веществам, обладаю-

щим способностью приводить к острым и хроническим отравлениям при ингаляционном и накожном воздействии. При аварийных ситуациях высокая токсичность компонентов жидкого ракетного топлива и продуктов их деструкции способствует опасному загрязнению объектов окружающей среды, что незамедлительно требует гигиенической оценки степени химического загрязнения и его ликвидации [3, 7, 8].

Расчёт сценариев аварийных ситуаций с проливом компонентов жидкого ракетного топлива на местность предназначен для оперативного прогнозирования масштабов загрязнения, оптимизации работ в зоне химического заражения и разработки системы медико-санитарного обеспечения населения при возникновении экстремальной ситуации.

Цель исследования – прогноз возможных сценариев аварийных ситуаций с проливом компонентов жидкого ракетного топлива на местность.

Материал и методы

В исследовании была использована методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспортировке при расчёте по РД 52.04.253–90*.

Результаты

Компоненты жидкого ракетного топлива (ТА и НДМГ) обладают высокой потенциальной опасностью развития острого смертельного ингаляционного отравления, при разливе которых может образовываться первичное и вторичное облако загрязненного воздуха. Оба соединения обладают высокой способностью проникать через неповрежденную кожу как при непосредственном попадании при проливе, так и в виде паров, вызывая поражения различной степени тяжести [3, 4].

Транспортировка компонентов жидкого ракетного топлива в специальных железнодорожных цистернах не исключает возможности пролива НДМГ и ТА при нарушении их герметичности на подъездных путях.

С применением процедур, представленных РД 52.04.253–90, был проведён расчёт распространения ориентировочных концентраций (токсодоз) при проливах ТА и НДМГ на открытой местности (см. таблицу).

* РД 52.04.253–90 «Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте». СПб; 2000.

Сценарии аварийных ситуаций с проливом компонентов жидких ракетных топлив на местность (инверсия, скорость 1м/с, 20 °С)

Компонент жидких ракетных топлив	Показатели аварийной ситуации	Показатели измерения (пролив, тонн)	Уровни воздействия доз/концентраций КЖРТ			
			смертельный	частично смертельный	пороговый на терапевтическом уровне	раздражающего действия
Несимметричный диметилгидразин	Расчётные границы (км) распределения расчётных токсодоз с учётом количества ЖРТ при проливе	0,5	0,036	0,368	0,438	3,885
		1,0	0,072	0,485	0,603	5,760
		10,0	0,485	1,698	2,166	23,920
Тетраоксид азота	Расчётное распределение в атмосфере (км) при проливе	0,1	0,076	0,38	0,497	1,234
		0,5	0,955	1,226	1,703	4,664
		1,0	1,21	1,70	4,594	12,119
		5,0	1,856	5,052	7,567	20,606

Полученные сценарии аварийных ситуаций указывают на возможность распределения токсических концентраций:

- на уровне CL_{50} в пределах 1 км при проливе НДМГ от 0,5 до 10 тонн, ТА – от 0,1 до 5 тонн;
- на уровне $1/10 CL_{50}$ – пороговой токсодозы (концентрации) на расстояние до 0,5–0,7 км при проливе НДМГ 0,5–1,0 тонн, а ТА – до 1 тонны (см. таблицу).

Расчёты сценариев с проливом на местности НДМГ в количестве 10 тонн указывают на возможность распространения аварийного загрязненного облака на уровне пороговых токсодоз (концентраций) на расстояние более 1,6 км, в том числе на селитебную территорию (см. таблицу).

Обсуждение

В случае реализации гипотетической аварии с проливом более 1,0 тонны ТА или НДМГ следует ожидать проявлений токсического воздействия этих АХОВ не только на персонал объекта, но и на работников, которые в границах СЗЗ обеспечивают сервисное обслуживание криогенной продукции, особо опасных грузов с ТА, НДМГ, а также работающих в других инфраструктурах объекта.

Как показали расчеты сценариев аварии с поступлением на открытую территорию НДМГ в количестве 0,5–10,0 тонн, ТА – 0,5–5,0 тонн, токсические концентрации этих АОХВ могут распространиться за границу СЗЗ и на селитебную территорию.

При этом возможно ожидать воздействия на население этих АОХВ на уровнях от частично смертельных доз (ТА – 5,0 тонн) до пороговых доз общетерапевтического и местно-раздражающего действия.

Ограничения исследования. При изучении сценариев аварийных ситуаций с проливом компонентов жидких ракетных топлив на территории проведена оценка распространения ориентировочных концентраций компонентов согласно нормативному документу по методике прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и при транспортировке.

Заключение

В зависимости от величины пролива, вида аварийно-опасного химического вещества (ТА или НДМГ) и направления ветра в зону химического поражения может попасть население, оказавшееся в радиусе свыше 2 км от места аварии.

В связи с этим, в случае аварии, население, проживающее в радиусе до 23 км (при проливе 10 тонн НДМГ), надо обеспечить необходимыми мерами защиты: газозубежищами, транспортом для эвакуации, дополнительной медицинской помощью для лиц (из населения), страдающих патологиями сердечно-сосудистой и дыхательной систем, проявления которых могут усилиться при воздействии рассматриваемых АОХВ и привести к нежелательным осложнениям и даже к летальному исходу. Для реализации таких медицинских мероприятий в медицинских учреждениях, обслуживающих населенные пункты, подпадающие в зону гипотетического химического заражения, целесообразно провести профилактические осмотры населения с постановкой на учёт лиц, нуждающихся в экстренной помощи в случае аварии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бугаев А.П., Антушевич А.Е., Рейнюк В.Л., Башарин В.А., Зацепин В.В. Гидразин и его производные: токсикологическая характеристика. *Современные проблемы науки и образования*. 2017; 4: 31–43.
2. Жубатов Ж., Степанова Е.Ю. Методические подходы к комплексной экологической оценке воздействия ракетно-космической деятельности. *Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность*. 2017. *Материалы научно-практической конференции с международным участием, Севастополь, 11–15 сентября 2017 г.* Севастополь: 2017: 459–6.
3. Ушакова В.Г., Шпигун О.Н., Старыгин О.И. Особенности химических превращений НДМГ и его поведение в объектах окружающей среды. *Ползуновский вестник*. 2004; 4: 28–35.
4. Киреев Д.О., Звягинцева А.В. Оценка вероятности реализации аварийных ситуаций и сценариев их дальнейшего развития на объектах, связанных с обращающимися опасными веществами. *Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций*. 2014; 1(5): 273–6.
5. Агапов О.А., Большакова Н.А., Степанова Е.Ю., Жубат К.Ж., Атыгаев А.Б. Разработка схемы экологического обследования мест аварийного падения ракеты космического назначения. *Новости науки Казахстана*. 2019; 1(139): 223–33.
6. Шатов С.В. Расчет поражающих факторов и их вероятных зон действия при выбросе жидкой фазы несимметричного диметилгидразина. *Труды военно-космической академии имени А.Ф. Можайского*. 2015; 648: 187–91.
7. Иванова Л.А. Влияние ракетного топлива на организм человека на объектах его использования, хранения и утилизации. *Россия молодая: Передовые технологии*. 2015; 3: 153–8.
8. Анопка А.С., Ковалев С.В. Экология при запусках ракет на токсичных компонентах топлива. *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*. 2016; 1(12): 915–7.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кучерская Таисия Ивановна – научный сотрудник лаборатории гигиены окружающей среды ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» Федерального медико-биологического агентства, 188663, Ленинградская обл., Российская Федерация. E-mail: kucherskaia@gpRech.ru

Гюльмамедов Эльчин Юнусович – научный сотрудник лаборатории специальной гигиены ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» Федерального медико-биологического агентства, 188663, Ленинградская обл., Российская Федерация. E-mail: elchindoc@yandex.ru

Комбарова Мария Юрьевна – кандидат мед. наук, академический советник РАРАН, заведующий отделом общей гигиены и экологии человека ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» Федерального медико-биологического агентства, 188663, Ленинградская обл., Российская Федерация. E-mail: kombar_73@mail.ru

Поляков Артем Дмитриевич – научный сотрудник лаборатории гигиены окружающей среды ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» Федерального медико-биологического агентства, 188663, Ленинградская обл., Российская Федерация. E-mail: tema.poliackow2011@yandex.ru

Taisiya I. Kucherskaya, Elchin Yu. Gulmamedov, Mariya Yu. Kombarova, Artem D. Polyakov

Forecast of emergency situations with the spillage of liquid rocket fuel components in the territory for the disposal of chemically hazardous substances

Federal State Unitary Enterprise "Scientific Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology" FMBA of Russia, 188663, Leningrad Region, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Liquid fuel includes two main components – fuel and oxidizer. Common liquid rocket fuels components are highly toxic compounds – heptyl (asymmetric dimethylhydrazine) and amyl (nitrogen tetroxide). The calculation of emergency scenarios with the spill of liquid rocket fuel components on the terrain is intended for operational forecasting of the scale of pollution, optimization of work in the zone of chemical contamination and the development of a system for providing medical care to the population in case of an extreme situation.

Material and methods. The article presents scenarios of emergency situations with the spill of liquid rocket fuel components on the territory of chemically hazardous facilities and during transportation.

Results. The calculation of the distribution of approximate concentrations at spills in an open area of nitrogen tetroxide (NT) and asymmetric dimethylhydrazine (UDMH) is investigated. The received scenarios of emergency situations indicate the possibility of distribution of toxic concentrations: at the level of CL_{50} within 1 km at the UDMH spill from 0.5 to 10 tons, NT – from 0.1 to 5 tons; at the level of $1/10 CL_{50}$ – threshold toxodose (concentration) at a distance of 0.5–0.7 km at the UDMH spill 0.5–1.0 t, and NT – up to 1 t.

Limitations. When studying emergency scenarios with the spillage of liquid rocket fuel components in the territory, an assessment was made of the distribution of approximate concentrations of components according to the regulatory document on the methodology for predicting the extent of contamination of highly toxic substances in accidents (destruction) at chemically hazardous facilities and transportation.

Conclusion. As a result of the study, it was revealed that the population living within a radius of more than 2 km from the accident site may suffer from the spread of liquid rocket fuel components, which depends on the volume of the spill, the type of emergency hazardous chemicals and the wind direction in the chemical damage zone.

Keywords: emergency hazardous chemicals; liquid rocket fuel components; protective measures zone; chemical accident; nitrogen tetroxide; asymmetric dimethylhydrazine

Compliance with ethical standards. The study does not require the submission of the conclusion of the Biomedical ethics committee or other documents.

For citation: Kucherskaya T.I., Gulmamedov E.Yu., Kombarova M.Yu., Polyakov A.D. Forecast of emergency situations with the spillage of liquid rocket fuel components in the territory for the disposal of chemically hazardous substances. *Toxicologicheskii vestnik / Toxicological Review*. 2024; 32(4): 201–208. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2024-32-4-201-208> (in Russian)

For correspondence: Taisiya I. Kucherskaya, researcher of the "Scientific Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology" FMBA of Russia, 188663, Leningrad Region, Russian Federation. E-mail: kucherskaia@gpech.ru

Authors contribution: Kucherskaya T.I. – data collection and processing, writing the article; Gulmamedov E.Yu., Polyakov A.D. – data collection and processing, editing; Kombarova M.Yu. – the concept and design of the study. All co-authors – approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding: The study had no sponsorship.

Accepted: February 28, 2024 / Received: July 10, 2024 / Published: August 30, 2024

Introduction

Chemical fuel energy is currently used as an energy source in rocket engines. Fuel and oxidizer are the two main components included in the composition of liquid fuels. Common liquid rocket fuels components (LRFC) are highly toxic compounds – heptyl (asymmetric dimethylhydrazine) and amyl (nitrogen tetraoxide) [1, 2].

The analysis of the stages of the technological process shows that emergency situations at the facility are possible when performing the following types of work: transportation of rocket fuel components and refueled rocket and space equipment; docking and undocking of discharge and refueling lines when filling technological systems with rocket fuel components; filling with rocket fuel components of the lines of technological systems of structures to the membranes of the valves of the “inputs” of the engine; refueling of rocket and space technology tanks with liquid rocket fuel components; refueling (draining) of consumable tanks with components of liquid rocket fuel; repair of units of pneumohydraulic systems – draining components of liquid rocket fuel from tanks of rocket and space technology; elimination of leaks of parts of rocket and space technology filled with components of liquid rocket fuel; primary dismantling of a product received for neutralization with fuel tanks under transport pressure; docking of rocket discharge and refueling lines with the neutralization system of the technological base housing and discharge of transport pressure from fuel and oxidizer tanks with the discharge of their residues; neutralization of tanks with rocket fuel components; performing operations for pumping fuel and oxidizer effluents; thermal neutralization of drains and effluents of rocket fuel components; draining fuel components from transportation tanks to storages [1, 3, 4].

The danger of the consequences of chemical accidents is determined to the greatest extent by the volatility of emergency hazardous chemicals (EHCS) and the duration of their damaging effect [5, 6].

The liquid rocket fuel components – nitrogen tetraoxide (NT) and heptyl (asymmetric dimethylhydrazine) are included in the group of emergency hazardous chemical compounds related to explosive and flammable substances with the ability to lead to acute and chronic poisoning by inhalation and skin exposure. In emergency situations, the high toxicity of liquid propellant components and products of their destruction contributes to dangerous pollution

of environmental objects, which immediately requires a hygienic assessment of the degree of chemical contamination and its elimination [3, 7, 8].

The calculation of emergency scenarios with the spillage of liquid rocket fuel components into the terrain is intended for operational forecasting of the scale of pollution, optimization of work in the zone of chemical contamination and the development of a system of medical and sanitary provision of the population in the event of an extreme situation.

The purpose of the study is to forecast possible scenarios of emergency situations with the spill of liquid rocket fuel components on the terrain.

Material and methods

The study used a methodology for predicting the extent of infection with highly toxic substances in accidents (destructions) at chemically hazardous facilities and transportation when calculating GD 52.04.253–90*.

Results

The liquid rocket fuel components (NT and UDMH) have a high potential danger of developing acute fatal inhalation poisoning, the spill of which can form a primary and secondary cloud of polluted air. Both compounds have a high ability to penetrate intact skin both in direct contact with pouring and in the form of vapors, causing lesions of varying severity [3, 4].

Transportation of liquid propellant components in special railway tanks does not exclude the possibility of spilling NT and UDMH in case of violation of their tightness on access roads.

In this regard, using the procedures presented by GD 52.04.253–90, the distribution of approximate concentrations (toxodoses) in the spills of NT and UDMH in open areas was calculated, Table.

The received scenarios of emergency situations indicate the possibility of distribution of toxic concentrations:

- at the CL_{50} level within 1 km at the UDMH spills from 0.5 to 10 tons, NT – from 0.1 to 5 tons;
- at the level of $1/10 CL_{50}$ – threshold toxodose (concentration) at a distance of up to 0.5–0.7 km with a 0.5–1.0 ton UDMH spills, and NT – up to 1 ton, see Table.

Calculations of scenarios with a 10-ton UDMH spill in the area indicate the possibility of the spread

* GD 52.04.253–90. Guidance document "Methodology for predicting the extent of infection with highly toxic substances in accidents (destructions) at chemically hazardous facilities and transport". St. Petersburg; 2000.

Scenarios of emergency situations with spill components of liquid rocket propellants on the terrain (inversion, speed 1m/sec, 20 °C)

Components of liquid rocket fuels	Emergency indicators	Measurement indicators (spill; t)	Levels of exposure of doses/concentrations of components of liquid rocket fuels			
			Deadly	Partially fatal	Threshold at the therapeutic level	Irritating effect
Asymmetric dimethylhydrazine	Calculated boundaries of the distribution of calculated toxodoses (km), taking into account the amount of liquid rocket fuels in the spill	0,5	0,036	0,368	0,438	3,885
		1,0	0,072	0,485	0,603	5,760
		10,0	0,485	1,698	2,166	23,920
Nitrogen tetraoxide	Calculated atmospheric distribution (km) at the spill	0,1	0,076	0,38	0,497	1,234
		0,5	0,955	1,226	1,703	4,664
		1,0	1,21	1,70	4,594	12,119
		5,0	1,856	5,052	7,567	20,606

of an emergency contaminated cloud at the level of threshold toxodoses (concentrations) over a distance of more than 1.6 km, including residential territory (see Table).

Discussion

Thus, in the case of a hypothetical accident with a spill of more than 1.0 tons of NT or UDMH, manifestations of the toxic effects of these dangerous chemicals should be expected not only on the personnel of the facility, but also on workers who, within the boundaries of the SPZ, provide service for cryogenic products, especially dangerous goods from NT, UDMH, as well as those working in other infrastructures of the facility.

As shown by calculations of accident scenarios with the entry of UDMH into the open area in the amount of 0.5–10.0 tons, NT – 0.5–5.0 tons, toxic concentrations of these EHCS can spread beyond the SPZ border and into residential territory.

At the same time, it is possible to expect the impact on the population of these EHCS at levels from partially fatal doses (NT – 5.0 tons) to threshold doses of general therapeutic and local irritant action.

Limitations. When studying emergency scenarios with the spillage of liquid rocket fuel components in the territory, an assessment of the distribution of approximate concentrations of components

was carried out in accordance with the regulatory document on the methodology for predicting the extent of infection with highly toxic substances in accidents (destructions) at chemically hazardous facilities and during transportation.

Conclusion

Depending on the size of the spill, the type of emergency hazardous chemicals (NT or UDMH) and the direction of the wind, the population trapped within a radius of more than 2 km from the accident site may enter the chemical damage zone.

In this regard, the population living within a radius of up to 23 km (when spilling 10 tons of UDMH spill), in case of a spill, should be provided with the necessary protective measures – gas shelters, transport for evacuation, additional medical care for persons (from the population) suffering from pathologies of the cardiovascular and respiratory systems, the manifestations of which may increase when exposed to the considered EHCS and lead to undesirable complications and even death. To implement such medical measures in medical institutions serving settlements falling within the zone of hypothetical chemical contamination, it is advisable to conduct preventive examinations of the population with registration of persons in need of emergency assistance in the event of an accident.

REFERENCES

1. Bugaev A.P., Antushevich A.E., Reinyuk V.L., Basharin V.A., Zatsepin V.V. Hydrazine and its derivatives: toxicological characteristics. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2017; 4: 31–43. (In Russian)
2. Zhubatov Zh., Stepanova E.Y. *Methodological approaches to the integrated environmental assessment of the impact of rocket and space activities. Environmental, industrial and energy security – 2017. [Materials of the scientific and practical conference with international participation. Ekologicheskaya promyshlennaya i energeticheskaya bezopasnost – 2017: materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii s mejdunarodnym uchastiem, Sevastopol, 11–15 sentyabrya 2017]*. Sevastopol: 2017: 459–62. (in Russian)
3. Ushakova V.G., Shpigun O.N., Starygin O.I. Features of chemical transformations of NDMG and its behavior in environmental objects. *Polzunovskij vestnik*. 2004; 4: 28–35. (in Russian)
4. Kireev D.O., Zvyagintseva A.V. Assessment of the probability of emergency situations and scenarios of their further development at facilities associated with handling hazardous substances. *Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidatsii posledstvij chrezvychnykh situatsij*. 2014; 1(5): 273–6. (in Russian)
5. Agapov O.A., Bolshakova N.A., Stepanova E.Yu., Zhubat K.Zh., Atygaev A.B. Development of a scheme for environmental inspection of space rocket crash sites. *Novosti Nauri Razakhstana*. 2019; 1(139): 223–33.
6. Shatov S.V. Calculation of damaging factors and their probable zones of action during the release of the liquid phase of asymmetric dimethylhydrazine. *Trudy voenno-kosmicheskoy akademii imeni A.F. Mozhaiskogo*. 2015; 648: 187–91. (in Russian)
7. Ivanova L.A. The effect of rocket fuel on the human body at the facilities of its use, storage and disposal. *Peredovye Tekhnologii*. 2015; 3: 153–8. (in Russian)
8. Anopka A.S., Kovalev S.V. Ecology during rocket launches on toxic fuel components. *Aktualnye problemy aviatsii i kosmonavтики*. 2016; 1(12): 915–7. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Taisiya I. Kucherskaya, researcher at the Laboratory of Environmental Hygiene of the Federal State Unitary Enterprise “Scientific Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology” FMBA of Russia, 188663, Leningrad Region, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-2308-7922>
E-mail: kucherskaia@gpech.ru

Elchin Yu. Gulmamedov, researcher at the Laboratory of Special Hygiene of the Federal State Unitary Enterprise “Scientific Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology” FMBA of Russia, 188663, Leningrad Region, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-0780-6838>
E-mail: elchindoc@yandex.ru

Maria Yu. Kombarova, Candidate of Medical Sciences, Academic Advisor of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences, Head of the Department of General Hygiene and Human Ecology of the Federal State Unitary Enterprise “Scientific Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology” FMBA of Russia, 188663, Leningrad Region, Russian Federation, Author ID Scopus: 57190340668, <https://orcid.org/0000-0003-0435-3228>
E-mail: kombar_73@mail.ru

Artem D. Polyakov, researcher at the Laboratory of Environmental Hygiene of the Federal State Unitary Enterprise “Scientific Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology” FMBA of Russia, 188663, Leningrad Region, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0001-8969-240X>
E-mail: tema.poliackow2011@yandex.ru

