

Научная статья

УДК 622.691; DOI: 10.61260/1998-8990-2025-4-34-42

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ХРАНЕНИИ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ В РЕГИОНАХ АРКТИКИ С ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТОЙ

✉ Савчук Олег Николаевич.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ oleg-savcuk@mail.ru

Аннотация. На основе анализа причин возможных аварий на объектах хранения сжиженных углеводородных газов и транспортных средств, перевозящих сжиженные углеводородные газы, с учетом климатических условий регионов Арктики с вечной мерзлотой вскрываются проблемы обеспечения безопасности населения при хранении и транспортировке сжиженных углеводородных газов в регионах Арктики с вечной мерзлотой. Приводятся в качестве примера климатические условия одного из таких регионов г. Якутска, которые в современных условиях глобального потепления могут способствовать повреждению зданий, дорог, хранилищ, автозаправочных газовых станций и транспорта, перевозящего сжиженные углеводородные газы. Приводятся примеры возможных масштабов поражения и разрушения зданий при разгерметизации и разрушении цистерн со сжиженным углеводородным газом. Предлагаются пути совершенствования мероприятий и организации перевозки транспортом сжиженных углеводородных газов с учетом климатических условий регионов Арктики с вечной мерзлотой и современных реалий террористических актов с применением дронов-камикадзе.

Ключевые слова: сжиженные углеводородные газы, сжиженный природный газ, автозаправочная газовая станция, вечная мерзлота, метан-пропан

Для цитирования: Савчук О.Н. Проблемы обеспечения безопасности населения при хранении и транспортировке сжиженных углеводородных газов в регионах Арктики с вечной мерзлотой // Проблемы управления рисками в техносфере. 2025. № 4 (76). С. 34–42. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-4-34-42.

Scientific article

PROBLEMS OF ENSURING PUBLIC SAFETY DURING STORAGE AND TRANSPORTATION OF LIQUEFIED HYDROCARBON GASES IN THE PERMAFROST REGIONS OF THE ARCTIC

✉ Savchuk Oleg N.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ oleg-savcuk@mail.ru

Abstract. In the article on the basis of the analysis of the causes of possible accidents at the objects of liquefied hydrocarbon gases storage and vehicles transporting liquefied hydrocarbon gases taking into account the climatic conditions of the Arctic regions with permafrost the problems of ensuring the safety of the population during the storage and transportation of liquefied hydrocarbon gases in the Arctic regions with permafrost are revealed. The climatic

conditions of Yakutsk, one of such regions, are given as an example, which under the current conditions of global warming may cause damage to buildings, roads, storages, gas filling stations and liquefied hydrocarbon gases transportation. Examples of possible scales of damage and destruction of buildings at depressurization and destruction of tanks with liquefied hydrocarbon gases are given. The ways of improvement of measures and organization of liquefied hydrocarbon gases transportation are offered taking into account climatic conditions of Arctic regions with permafrost and modern realities of terrorist acts with the use of kamikaze drones.

Keywords: liquefied hydrocarbon gases, liquefied natural gas, gas filling station, permafrost, methane-propane

For citation: Savchuk O.N. Problems of ensuring public safety during storage and transportation of liquefied hydrocarbon gases in the permafrost regions of the Arctic // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2025. № 4 (76). P. 34–42. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-4-34-42.

Введение

В настоящее время активно развивается направление по интенсивному использованию в качестве топлива автомобильным транспортом сжиженного углеводородного газа (СУГ – пропан-бутан) [1], объем использования которого за последние 5 лет вырос более чем в два раза. Это обусловлено высокой энергетической экономичностью и экологичностью его использования в современных условиях. Это является практической реализацией государственной программы Российской Федерации «Развитие энергетики», которая ставит задачу на перевод СУГ и сжиженный природный газ (СПГ – метан) большинства энергетических объектов страны и транспорта. Все это приведет к росту средств инфраструктуры хранения и доставки СУГ и СПГ на объекты их использования, что повышает риск аварий на них. В связи с высокой взрывоопасностью таких объектов и наличия их на автозаправочных газовых станциях (АЗГС) и перемещений средств доставки СУГ в населенных пунктах возрастает проблема по обеспечению безопасности населения. Особенности климатических условий регионов Арктики с вечной мерзлотой вызывают специфические проблемы обеспечения безопасности населения при хранении и транспортировке СУГ.

Целью исследований является на основе анализа возможных последствий аварий на таких объектах вскрыть проблему обеспечения безопасности населения с учетом особенностей климатических условий регионов Арктики с вечной мерзлотой и угроз современной обстановки и показать пути совершенствования мер безопасности.

Анализ причин возможных аварий на объектах хранения СУГ и транспортных средств, перевозящих СУГ с учетом климатических условий регионов Арктики с вечной мерзлотой

Все большее использование в качестве энергетического сырья СУГ и СПГ в настоящее время вызвано дальнейшей газификацией отдаленных районов России вследствие его дешевизны и экологичности. Особенно это касается регионов Крайнего Севера с вечной мерзлотой, в которые доставка нефтепродуктов затруднительна вследствие плохо развитой автомобильной и железнодорожной доступности к населенным пунктам. Дальнейшее развитие Северного пути Арктики повысит логистику транспортировки СПГ в города Крайнего Севера. Это позволит перевести большинство промышленных и энергетических объектов, а также автомобильного транспорта полностью на использование СУГ и СПГ.

В перспективе просматривается общая тенденция повышения перевода российского автопарка на использование СУГ (пропан-бутан) в качестве топлива. По различным оценкам по состоянию на 2021 г. до 6 % всех машин в России переведены на использование СУГ [2, 3]. Все это влечет за собой увеличение хранилищ и инфраструктуры доставки СУГ до потребителей, растут риски аварий на таких объектах. Как известно, для хранения СУГ используются стальные резервуары под давлением с объемом от 300 до 4 000 м³, расположенные на поверхности или под землей. Резервуары СУГ хранилищ с большим объемом в большинстве своем расположены на территории химических, нефтеперерабатывающих и газовых заводов, меньшего объема на территории газонаполнительных станций, АЗГС, станциях пикового газопотребления и в местах потребления газа населенных пунктов. Для перекачки больших запасов углеводородных газов используют трубопроводный транспорт, однако он еще малодоступен в местах Крайнего Севера. Поэтому неслучайно советом директоров ПАО «Газпром» была принята инвестиционная программа на ближайшие годы по увеличению объема транспортировки и выделено на это более 2,3 трлн руб. в основном с целевой доставкой в районы Ямало-Ненецкого национального округа, Якутию и г. Иркутска.

Пожарная опасность таких объектов с СУГ высока в силу специфических свойств используемых газов, содержания больших их количеств, а при разгерметизации резервуаров – способностью образования облака значительного объема, приводящему к взрыву и последующему возгоранию с трудностью тушения разлива СУГ [4].

Пожарную опасность также представляют элементы транспортной инфраструктуры СУГ: эстакады заправки и слива СУГ из автоцистерн в резервуары на АЗГС. Наибольшую опасность представляют автомобили-газовозы, поскольку их маршруты вынуждено проходят в местах населенных пунктов, при взрыве содержимого которых могут быть поражены люди и подвержены разрушению ближайшие здания у дороги.

Основные причины возникновения аварий при хранении и транспортировке СУГ представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные причины возникновения аварий при хранении и транспортировке СУГ

Этапы производственного использования СУГ	Наличие элементов транспортной инфраструктуры СУГ в моменты аварии	Возможные причины аварий
Содержание и хранение	Склады, хранилища, средства доставки для пополнения и отпуска потребителю	Воздействие поражающих факторов чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера Нарушение правил безопасного хранения процессов заполнения и отпуска СУГ потребителю персоналом Нарушение безопасного технологического процесса при проведении ремонта и огневых работ. Отказ системы противоаварийной защиты Разгерметизация запорной арматуры, нарушение целостности резервуаров вследствие дефектов изготовления, коррозии Разгерметизация трубопроводов при заполнении и отпуске потребителю вследствие дефектов, коррозии Нарушение правил электробезопасности транспортных средств, прибывающих для заполнения СУГ Тerrorистические акты и диверсии

Этапы производственного использования СУГ	Наличие элементов транспортной инфраструктуры СУГ в моменты аварии	Возможные причины аварий
Транспортировка СУГ	Средства доставки СУГ	<p>Воздействие поражающих факторов ЧС природного характера</p> <p>Нарушение правил безопасного процесса заполнения и отпуска СУГ потребителю персоналом</p> <p>Разгерметизация запорной арматуры, цистерн вследствие дефектов изготовления, коррозии</p> <p>Разгерметизация трубопроводов при заполнении и отпуске потребителю вследствие дефектов, коррозии</p> <p>Нарушение правил электробезопасности транспортных средств, приводящих к возгоранию.</p> <p>Разгерметизация цистерн при ДТП в результате несоблюдении правил дорожного движения, внешнего воздействия, неисправности путей и дорог</p> <p>Разгерметизация железнодорожных вагонов-цистерн вследствие катастроф при столкновении или схода с рельс</p> <p>Тerrorистические акты и диверсии</p>
Заправка СУГ АЗГС	АЗГС, авто-газовозы	<p>Воздействие поражающих факторов ЧС природного характера</p> <p>Нарушение правил безопасного слива СУГ в резервуар АЗГС персоналом</p> <p>Разгерметизация шлангов, запорной арматуры, цистерн вследствие дефектов изготовления, коррозии при сливе в резервуар АЗГС СУГ</p> <p>Нарушение правил электробезопасности транспортных средств, приводящих к возгоранию.</p> <p>Тerrorистические акты и диверсии</p>
Отпуск СУГ потребителю с АЗГС	АЗГС, автотранспорт с газомоторным топливом	<p>Нарушение правил безопасного слива СУГ в резервуар автотранспорта с газомоторным топливом персоналом</p> <p>Разгерметизация шлангов, топливного бака, баллонов вследствие дефектов изготовления, коррозии при сливе</p> <p>Аварийный наезд на топливораздаточную колонку</p> <p>Нарушение правил электробезопасности транспортных средств, прибывающих на заправку</p> <p>Тerrorистические акты и диверсии</p>

В России за последние 5 лет произошло 46 аварий на газопроводах и АЗГС. Так, например, 14.07.2021 г. в г. Новосибирске произошла авария на АЗГС с площадью разлива около 1,5 тыс. м² с последующим возгоранием и взрывом, при этом пострадало более 50 чел. (Ивахнюк Г.К., Осмонов Ю.Ю. Статистический анализ аварий на автозаправочных комплексах (станциях) // Пожаровзрывобезопасность. 2022. № 31 (6). С. 91–98. DOI: 10.22227/0869-7493.2022.31.06.91-98).

Одним из последних примеров аварии при транспортировке СУГ с масштабным экономическом ущербом является террористическая диверсия на газопроводах «Северный поток» и «Северный поток-2», которая произошла 26.09.2022 г. (URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Nord_Stream_pipelines_sabotage).

Анализ причин аварий с СУГ транспортной инфраструктуры показывает, что наибольшую опасность для населения представляет разгерметизация или разрушение цистерн или контейнер-прицепов с СУГ, перевозимых автомобилями-газовозами. Это

обусловлено сравнительно большим количеством перевозимого по объему СУГ автомобилями-газовозами (газовоз с автоцистерной АЦТ-8-130 с объемом 8 м³, контейнер-прицеп АЦТ-8м-431 с объемом 7,25 м³, газовоз MARAL с объемом 36 м³) в селитебной части населенных пунктов [5]. Что касается аварий при заполнении или сливе СУГ такого транспорта, то, как правило, при разгерметизации происходит пролив небольшого количества в основном из шлангов или запорной арматуры. При транспортировке железнодорожным транспортом СУГ используются специализированные вагоны-цистерны с грузоподъемностью до 35 т. Подрыв или возгорание хотя бы одного из вагонов-цистерн в составе может вызвать эффект «домино» и привести к массовой гибели людей и разрушению зданий на маршрутах перемещения через населенные пункты при террористических актах с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с взрывчаткой или зажигательной смесью.

Согласно¹ расчеты показывают, что при разгерметизации цистерны с пропаном емкостью 54 м³ с площадью пробоя до 25 см² радиус взрывоопасной зоны составляет около 230 м, радиусы тяжелых и пороговых поражений людей составляют 42 м и 480 м соответственно. При этом полное и сильное разрушение зданий возможно в радиусе около 40 м и 60 м соответственно. При полном разрушении цистерны, например с помощью дронов-камикадзе, радиусы тяжелых и пороговых поражений людей составляют около 80 м и 900 м соответственно, площадь горения может достигать до 20 тыс. м²².

Наибольшую опасность для населения представляют аварии автомобилей-газовозов с СУГ при перемещениях в населенных частях города.

Согласно [6] по методике³ при полной разгерметизации цистерн с СУГ, перевозимых автотранспортом, радиусы полных разрушений и восстанавливаемых зданий представлены в табл. 2.

Таблица 2

Радиусы полных разрушений и восстанавливаемых зданий при перевозке СУГ автомобильным транспортом

Емкость цистерн, м ³	Радиус полных разрушений зданий, м	Радиус восстанавливаемых разрушений, зданий м
8	60	350
10	65	376
20	82	473
36	100	575

Анализ данных (табл. 2) показывает на опасность масштабных разрушений зданий и, соответственно, гибели людей в них при авариях на дорогах в местах массовой застройки, что представляет проблему обеспечения безопасности населения в таких случаях.

Совершенствование мер обеспечения безопасности на объектах хранения и транспортирования СУГ в регионах Арктики с вечной мерзлотой на современном этапе

При хранении и транспортировке СУГ железнодорожным и автомобильным транспортом руководствуются известными правилами обеспечения безопасности перевозки опасных грузов.

Однако следует учитывать особенности климатических условий регионов Арктики с вечной мерзлотой, для которых характерны резкие сезонные температурные перепады.

¹ Руководство по определению зон воздействия опасных факторов аварий с сжиженными газами, горючими жидкостями и АХОВ на объектах ж/д транспорта (утв. МПС России 20 нояб. 1997 г.)

² Там же

³ Там же

Так, например, в районе г. Якутска по данным метеослужбы за последние 5 лет наблюдается среднемесячный отклонение температуры воздуха от +1,0 °C до +2,9 °C (табл. 2).

Таблица 2

Среднемесячная температура воздуха в г. Якутске с 2020 по 2024 г.

Годы	Минимальное значение, °C	Максимальное значение, °C	Отклонение от нормы, °C
2020	-38,5	+21,1	+2,9
2021	-44,5	+21,5	+1,5
2022	-37,4	+23,1	+1,9
2023	-43,8	+20,4	+1,0
2024	-38,5	+20,4	+1,7

В связи с глобальным потеплением по прогнозу ученых возможно повышение температуры воздуха, что приведет к размораживанию грунта в районах вечной мерзлоты Арктики. Это может вызвать осадку и деформирование фундаментов общественных и промышленных зданий, образованию трещин, что приведет к снижению их устойчивости [7]. Кроме того, просадка грунта может вызвать нарушение автомобильных и железнодорожных коммуникаций и вызвать аварии с объектами, перевозящими СУГ и СПГ, а также на объектах инфраструктуры слива и заправки особенно на АГЗС [8]. Одной из особенностей является увеличение содержания воды в грунте при оттаивании, что приводит к подмыванию фундаментов и коррозии элементов таких объектов, что может привести к дополнительному риску разрушения при воздействия ударной волны при аварии. Кроме того, резкие перепады отрицательных температур воздуха в таких регионах приводят к хрупкости металла резервуаров с СУГ, что является одной из дополнительных причин возможных аварий с разгерметизацией этих резервуаров.

В настоящее время повысилась угроза террористических актов с применением беспилотных летающих аппаратов (БПЛА) с возможностями подрыва ими транспорта с СУГ при прохождении их в местах густонаселенной части города.

В связи с изложенными особенностями климатических воздействий на транспортную инфраструктуру и содержания АЗГС возникают дополнительные специфические проблемы по обеспечению безопасности населения в районах Арктики с вечной мерзлотой, которые следует учитывать при организации и проведению мероприятий по обеспечиванию безопасности населения:

1. При назначении маршрутов перемещения автоцистерн с СУГ учитывать их прохождение транспортом в местах с наименьшим скоплением людей и потенциально опасных промышленных и энергообъектов.

2. Перемещения автотранспорта с СУГ в черте города целесообразно осуществлять ночью в сопровождении эскорта: представителей ГИБДД и подразделений ГПС МЧС России.

3. В случаях невозможности изменений маршрута транспорта с СУГ и вынужденного прохождения его в местах массового скопления в городе предварительно следует силами МЧС России провести инструментальную оценку устойчивости зданий с помощью диагностического прибора «Струна» [9]. Это позволит более достоверно и оперативно оценить последствия разрушений зданий в случае аварий, вызванных с размораживанием поверхностной почвы вечной мерзлоты с разгерметизацией или террористических актов. В связи с этим целесообразно периодически вести мониторинг устойчивости зданий на таких маршрутах. В существующих методиках по оценке поражающего действия при разгерметизации (разрушении) резервуаров с СУГ целесообразно ввести поправочные коэффициенты в таблицы справочников по разрушению зданий и промышленных объектов с учетом возможной утратой их первоначальной устойчивости вследствие растрескивания стен или усадки фундамента.

Это позволит при оценке снижения риска аварии аргументированно снижать количество перевозимого СУГ на маршруте.

4. С учетом современных реалий широких возможностей применения БПЛА террористами при транспортировке СУГ и СПГ в черте городов предусмотреть использование активных (средства ПВО) и пассивных средств защиты: противодроновые сетки, навешиваемые над цистернами с СУГ, прикрытие ими наиболее опасных участков маршрута.

5. Для предотвращения аварий и оперативного контроля технического состояния безопасности перевозку транспорта с СУГ осуществлять с учетом мониторинга контролируемой температуры резервуаров.

6. Разрабатывать цистерны для перевозки СУГ и СПГ с повышенными характеристиками прочности, пожарной и взрывозащищенностью на основе новых композиционных материалов и достижений нанотехнологии.

7. В нормативные документы по обеспечению безопасности перевозки опасных грузов следует внести дополнительно предлагаемые мероприятия по предотвращению и снижению риска поражения людей и разрушений зданий при транспортировке СУГ и СПГ в населенных пунктах с учетом климатических условий регионов Арктики с вечной мерзлотой.

Заключение

Размещение АЗГС и транспортировка СУГ и СПГ в черте населенных пунктов вызывает повышенную опасность для населения в случае их разгерметизации (разрушении). Анализ причин возможных аварий на объектах хранения СУГ и транспортных средств, перевозящих СУГ с учетом климатических условий регионов Арктики с вечной мерзлотой, вскрыл проблемы в обеспечении безопасности и указал на необходимость учета климатических условий при организации обеспечения безопасности населения при хранении и особенно транспортировке их в черте города. Нормативные документы по обеспечению безопасности перевозки опасных грузов не учитывают особенностей обеспечения безопасности населения при транспортировке СУГ и СПГ в населенных пунктах с учетом климатических условий регионов Арктики с вечной мерзлотой. Рассмотрены рекомендации и намечены пути перспективного решения проблем обеспечения безопасности населения при перевозке транспортом СУГ и СПГ в черте города регионов Арктики с вечной мерзлотой с учетом их климатических условий. Реализация предложенных рекомендаций позволит повысить безопасность перевозки транспортом СУГ и СПГ в черте городов рассматриваемых регионов с учетом как климатических условий, так и возможных террористических актов.

Список источников

1. Liquefied petroleum gas as an alternative fuel / F. Synak [et al.] // Transportation Research Procedia. Vol. 40. 2019. P. 527–534. DOI: 2019.07.076/.
2. Ковалева И.В. Тенденция развития рынка сжиженных углеводородных газов в России // Экономика и бизнес: теория и практика. Барнаул: Алтайский ГТУ. 2024. Т. 11-1. С. 173–179.
3. Хасанов И.И., Шакиров Р.А., Бахтиер Н. Развитие технологий транспорта и хранения сжиженных углеводородных газов в СССР (России) // История и педагогика естествознания. 2021. № 1-2. С. 40–44.
4. Дорожкин В.Ю., Мастобаев Б.Н. О совершенствовании процессов хранения СУГ при эксплуатации систем технологий сжижения природного газа // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2021. № 4. С. 64–70.
5. Архипова Н. В. Аналитический обзор аварий с пожарами и взрывами на объектах с обращением сжиженного природного газа // Вестник науки. 2023. Т. 4. № 6 (63).

6. Головатая О.С., Петраков А.П., Шилов С.В. Расчет опасных зон взрыва емкостей с сжиженным газом // Вестник Сыктывкарского Университета. Сер.: Математика. Механика. Информатика. 2018. Вып. 4 (24). С. 12–23.

7. Об анализе влияния климатических факторов на здания и сооружения опасных производственных объектов, расположенных в зоне вечной мерзлоты / А.В. Рыбаков [и др.] // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 3 (71). С. 21.

8. Снижение устойчивости инфраструктуры ТЭК России в Арктике как следствие повышения среднегодовой температуры приповерхностного слоя криолитозоны / В.П. Мельников [и др.] // Вестник РАН. Т. 92. № 4. С. 303–314.

9. Бутко Д.Ю., Сафонова Н.Л. Применение мобильных комплексов для контроля технического состояния зданий и сооружений. // Фундаментальные проблемы системной безопасности. Воронеж-Севастополь: сб. трудов конф. Воронеж, Севастополь: Воронежский государственный университет, Севастопольский государственный университет. 2017. С. 63–65.

References

1. Liquefied petroleum gas as an alternative fuel / F. Synak [et al.] // Transportation Research Procedia. Vol. 40. 2019. P. 527–534. DOI: 2019.07.076/.
2. Kovaleva I.V. Tendenciya razvitiya rynka szhizhennyh uglevodorodnyh gazov v Rossii // Ekonomika i biznes: teoriya i praktika. Barnaul: Altajskij GTU. 2024. Т. 11-1. S. 173–179.
3. Hasanov I.I., Shakirov R.A., Bahtier N. Razvitie tekhnologij transporta i hraneniya szhizhennyh uglevodorodnyh gazov v SSSR (Rossii) // Iстoriya i pedagogika estestvoznanija. 2021. № 1-2. S. 40–44.
4. Dorozhkin V.Yu., Mastobaev B.N. O sovershenstvovanii processov hraneniya SUG pri ekspluatacii sistem tekhnologij szhizheniya prirodnogo gaza // Transport i hranenie nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya. 2021. № 4. S. 64–70.
5. Arhipova N.V. Analiticheskij obzor avarij s pozharami i vzryvami na ob"ektah s obrashcheniem szhizhennogo prirodnogo gaza // Vestnik nauki. 2023. Т. 4. № 6 (63).
6. Golovataya O.S., Petrakov A.P., Shilov S.V. Raschet opasnyh zon vzryva emkostej s szhizhennym gazom // Vestnik Syktyvkarskogo Universiteta. Ser.: Matematika. Mekhanika. Informatika. 2018. Vyp. 4 (24). S. 12–23.
7. Ob analize vliyaniya klimaticheskikh faktorov na zdaniya i sooruzheniya opasnyh proizvodstvennyh ob"ektov, raspolozhennyh v zone vechnoj merzloty / A.V. Rybakov [i dr.] // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2024. № 3 (71). S. 21.
8. Snizhenie ustojchivosti infrastruktury TEK Rossii v Arktike kak sledstvie povysheniya srednegodovoj temperatury pripoverhnostnogo sloya kriolitozony / V.P. Mel'nikov [i dr.] // Vestnik RAN. Т. 92. № 4. S. 303–314.
9. Butko D.Yu., Safonova N.L. Primenenie mobil'nyh kompleksov dlya kontrolya tekhnicheskogo sostoyaniya zdanij i sooruzhenij. // Fundamental'nye problemy sistemnoj bezopasnosti. Voronezh-Sevastopol': sb. trudov konf. Voronezh, Sevastopol': Voronezhskij gosudarstvennyj universitet, Sevastopol'skij gosudarstvennyj universitet. 2017. S. 63–65.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 24.06.2025; одобрена после рецензирования: 28.09.2025;
принята к публикации: 13.10.2025

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 24.06.2025; approved after review: 28.09.2025;
accepted for publication: 13.10.2025

Сведения об авторах:

Савчук Олег Николаевич, профессор кафедры экологии и обеспечения безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, e-mail: sb@igps.ru, oleg-savcuk@mail.ru, SPIN-код: 5156-1928

Information about the authors:

Savchuk Oleg N., professor of the department of ecology and life safety of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, professor, honored worker of the higher school of the Russian Federation, e-mail: sb@igps.ru, oleg-savcuk@mail.ru, SPIN: 5156-1928