

Научная статья

УДК 614.864; DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-42-53

## **ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ АВАРИЯХ С РАЗГЕРМЕТИЗАЦИЕЙ ЦИСТЕРН С АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ, ПЕРЕВОЗИМЫМИ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ**

✉ Савчук Олег Николаевич.

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

Игайкина Ирина Ивановна;

Аксенов Александр Александрович.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет

им. Н.П. Огарёва, г. Саранск, Россия

✉ [oleg-savcuk@mail.ru](mailto:oleg-savcuk@mail.ru)

*Аннотация.* Поднимается вопрос обеспечения безопасности населения при перевозке аварийно химически опасных веществ автомобильным транспортом на маршрутах перемещения в Арктической зоне. Проведен анализ прогнозируемых возможных последствий при авариях с разгерметизацией цистерн с аварийно химически опасными веществами, перевозимыми в Арктической зоне при экстремально низких температурах, дан сравнительный анализ последствий аварий при различных метеоусловиях Арктической зоны и средней полосы России. Рассчитаны глубины химического заражения при различных параметрах разгерметизации цистерны на участках аварийного торможения и в районе остановки. Приводятся особенности транспортировки аварийно химически опасных веществ при экстремально низких температурах и рекомендации по обеспечению безопасности населения на маршрутах прохождения транспорта в населенных пунктах Арктической зоны.

*Ключевые слова:* аварийно химически опасные вещества, транспортировка, автомобильный транспорт, хлор, аммиак, Арктическая зона, глубина химического заражения, облако зараженного воздуха

**Для цитирования:** Савчук О.Н., Игайкина И.И., Аксенов А.А. Особенности обеспечения безопасности населения при авариях с разгерметизацией цистерн с аварийно химически опасными веществами, перевозимыми автомобильным транспортом в Арктической зоне // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 4 (68). С. 42–53. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-42-53.

Scientific article

## **FEATURES OF ENSURING THE SAFETY OF THE POPULATION WITH ACCIDENTS WITH THE DEPRESSURIZATION OF TANKS WITH EMERGENCY CHEMICALLY DANGEROUS SUBSTANCES TRANSPORTED BY ROAD IN THE ARCTIC ZONE**

✉ Savchuk Oleg N.

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

Igaykina Irina I.;

Aksenov Alexander A.

National research Mordovian state university named after N.P. Ogarev, Saransk, Russia

✉ [oleg-savcuk@mail.ru](mailto:oleg-savcuk@mail.ru)

*Abstract.* The article raises the issue of ensuring the safety of the population during the transportation of emergency chemically dangerous substances by road on the routes

of movement in the Arctic zone. The analysis of the predicted possible consequences for accidents with the depressurization of tanks with emergency chemically hazardous substances transported in the Arctic zone at extremely low temperatures was carried out, a comparative analysis of the consequences of accidents at various weather conditions of the Arctic zone and central Russia. The depths of chemical infection are calculated with various parameters of depressurization of the tank in areas of emergency braking and in the stop area. Features of the transportation of emergency chemically hazardous substances are given at extremely low temperatures and recommendations for ensuring the safety of the population on the routes of transport in the settlements of the Arctic zone.

**Keywords:** emergency chemically dangerous substances, transportation, automobile transport, chlorine, ammonia, the Arctic zone, the depth of chemical infection, the cloud of infected air

**For citation:** Savchuk O.N., Igaykina I.I., Aksenov A.A. Features of ensuring the safety of the population with accidents with the depressurization of tanks with emergency chemically dangerous substances transported by road in the Arctic zone // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2023. № 4 (68). P. 42–53. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-42-53.

### Введение

В настоящее время значительная часть опасных грузов, в том числе аварийно химически опасных веществ (АХОВ), перевозится по территории России автомобильным транспортом. Обеспечение безопасности населения в случае аварий при перевозке АХОВ автомобильным транспортом является проблемным в связи с тем, что маршруты их перевозок чаще всего вынужденно проходят в населенных пунктах [1].

Специфика и характер аварий на автотранспорте, перевозящем АХОВ, вызывают проблемы в обеспечении безопасности населения по сравнению с авариями на стационарных химически опасных объектах. Особенно это актуально в современных условиях в связи с возрастающей угрозой террористических и диверсионных актов в случае транспортировки АХОВ.

В работах [2, 3] авторами на основе предлагаемой методики прогнозирования последствий таких аварий в случае частичной разгерметизации цистерн с АХОВ рассматривается определение глубины химического заражения с учетом инфильтрации и растекаемости АХОВ. В работе [4] рассматриваются подробно процессы парообразования при аварийном выбросе сжиженного газа, обусловленного мгновенным вскипанием перегретой жидкости аммиака, испарением пролива аммиака. Однако в случаях организации перевозки АХОВ в районах Арктической зоны [5] при прогнозировании последствий аварий следует учитывать климатические условия, особенно в зимний период (табл. 1), и физико-химические свойства основных, чаще перевозимых, АХОВ (табл. 2).

Климатические условия крупных населенных пунктов Арктической зоны с населением свыше 150 тыс. чел. представлены в табл. 1 [6].

Таблица 1

#### Климатические условия крупных городов Арктической зоны в зимний период

Наименование города	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость ветра, м/с
Мурманск	до -40	до 84	до 8
Архангельск	до -38	до 85	до 3
Норильск	до -40	до 76	до 6
Петрозаводск	до -35	до 86	до 4
Сыктывкар	до -41	до 83	до 5

**Физико-химические свойства перевозимых АХОВ автомобильным транспортом**

Наименование АХОВ	Температура кипения, °С	Условия транспортировки
Аммиак	-33,4	Сжиженный газ, под давлением P=8,5 кг/см <sup>2</sup>
Хлор	-34,1	Сжиженный газ, под давлением P=6,9 кг/см <sup>2</sup>

Анализ приведенных данных свидетельствует, что при таких экстремально низких температурах при разгерметизации автоцистерн формирование глубины заражения будет определяться в основном глубиной вторичного облака заражения, кроме того, при прогнозировании не следует учитывать впитываемость в подстилающую поверхность АХОВ вследствие мерзлоты почвы в регионе [7, 8]. Как известно, на глубину вторичного облака химического заражения влияет площадь разлива, которая в основном определяется количеством пролитого АХОВ и вязкостью жидкости. Представляет интерес исследования обеспечения безопасности населения при перевозке в городах Арктической зоны при возможных авариях (террористических актах) при условиях частичной разгерметизации автоцистерн [9]. Например, при каких диаметрах (площади разгерметизации) и метеорологических условиях для данного периода года глубина заражения не приведет к поражению населения при обеспечении ее оперативной локализации.

Целью работы является исследование обеспечения безопасности населения при перевозке в городах Арктической зоны при возможных авариях (террористических актах) в условиях частичной разгерметизации автоцистерн с АХОВ. При каких диаметрах (площади разгерметизации) и метеорологических условиях для данного периода года глубина заражения не приведет к поражению населения при обеспечении оперативной локализации аварии.

**Анализ прогнозируемых возможных последствий при авариях с разгерметизацией цистерн с АХОВ, перевозимых автомобильным транспортом в Арктической зоне**

Рассмотрим возможные сценарии аварий с частичной разгерметизацией цистерн с АХОВ в условиях низких температур. При проведении расчетов глубины химического заражения при авариях с разгерметизацией цистерн с АХОВ, перевозимых автомобильным транспортом, были приняты следующие исходные данные:

- масса перевозимого АХОВ – 10 т;
- степень вертикальной устойчивости воздуха – изотермия как наиболее характерная стратификация в атмосфере;
- принято допущение, что отверстие разгерметизации находилось в самой низкой точке цистерны (на дне).

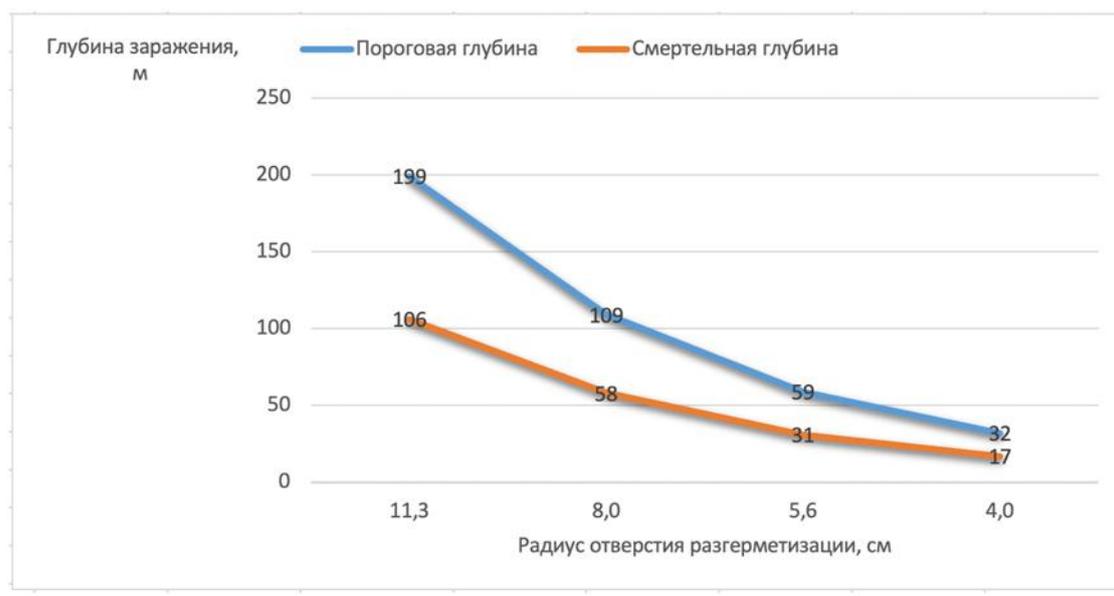
Расчеты были проведены при помощи программы прогнозирования последствий аварий на транспорте, перевозящем АХОВ [10], результаты которых представлены в виде графиков и таблиц.

В табл. 3 и на рис. 1 представлены данные по глубине химического заражения на участке аварийного торможения при разливе хлора при температуре воздуха -40 °С, скорости ветра 1 м/с.

Таблица 3

**Глубина заражения на участке аварийного торможения при разливе хлора, степень вертикальной устойчивости воздуха – изотермия, температура воздуха -40 °С, скорость ветра 1 м/с**

Радиус отверстия разгерметизации, см	Пороговая глубина заражения, м	Смертельная глубина заражения, м
11,3	199	106
8,0	109	58
5,6	59	31
4,0	32	17



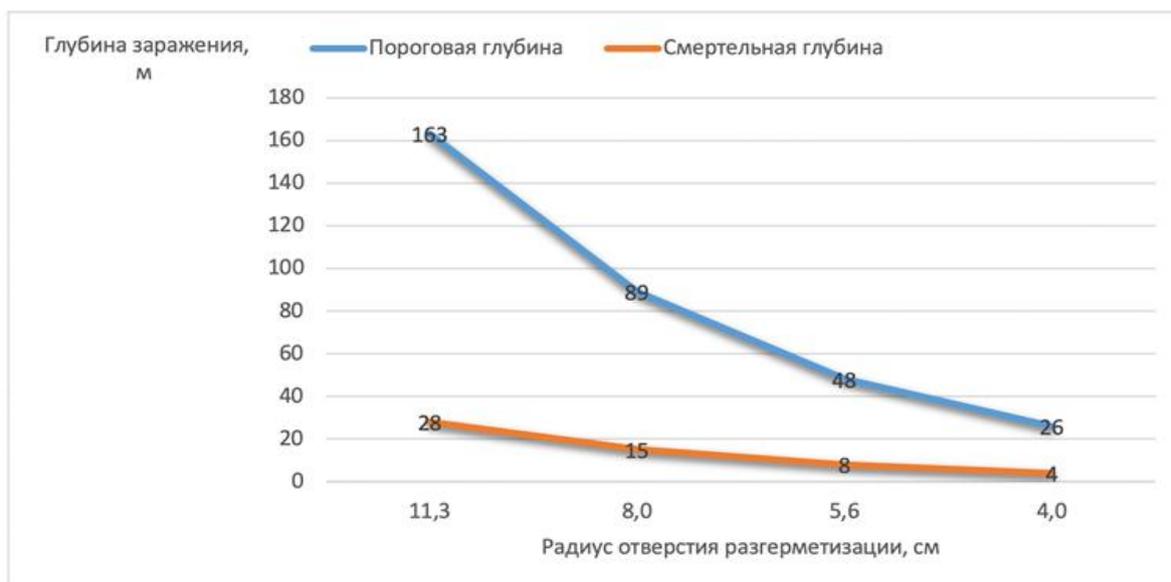
**Рис. 1. График зависимости глубин химического заражения от размера отверстия разгерметизации при разливе хлора на участке аварийного торможения, температура воздуха -40 °С, скорость ветра 1 м/с**

В табл. 4 и на рис. 2 представлены данные по глубине химического заражения на участке аварийного торможения при разливе аммиака при температуре воздуха -40 °С, скорость ветра 1 м/с.

Таблица 4

**Глубина заражения на участке аварийного торможения при разливе аммиака, степень вертикальной устойчивости воздуха – изотермия, температура воздуха -40 °С, скорость ветра 1 м/с**

Радиус отверстия разгерметизации, см	Пороговая глубина заражения, м	Смертельная глубина заражения, м
11,3	163	28
8,0	89	15
5,6	48	8
4,0	26	4



**Рис. 2. График зависимости глубин химического заражения от размера отверстия разгерметизации при разливе аммиака на участке аварийного торможения, температура воздуха -40 °С, скорость ветра 1 м/с**

В табл. 5 и на рис. 3 представлены данные по глубине химического заражения при разливе хлора и аммиака в районе аварийной остановки в Арктических условиях при следующих исходных данных:

- масса АХОВ – 10 т;
- степень вертикальной устойчивости воздуха – изотермия, температура воздуха -40 °С, радиус отверстия разгерметизации 11,3 см;
- при различной скорости ветра (1, 2, 3 м/с);
- время локализации аварии 15 мин.

В данном случае, при времени локализации аварии 15 мин, в районе аварийной остановки происходит пролив всего оставшегося АХОВ, находящегося в резервуаре. Время локализации аварии принимается от момента аварии до прекращения распространения паров АХОВ с участка пролива в районе аварийной остановки.

Таблица 5

**Глубина химического заражения в районе аварийной остановки при разливе АХОВ при температуре воздуха -40 °С в зависимости от различной скорости ветра**

Скорость ветра, м/с	Пороговая глубина заражения для хлора, м	Смертельная глубина заражения для хлора, м	Пороговая глубина заражения для аммиака, м	Смертельная глубина заражения для аммиака, м
1	1 500	819	1 253	231
3	1 058	587	903	166
5	851	465	712	132

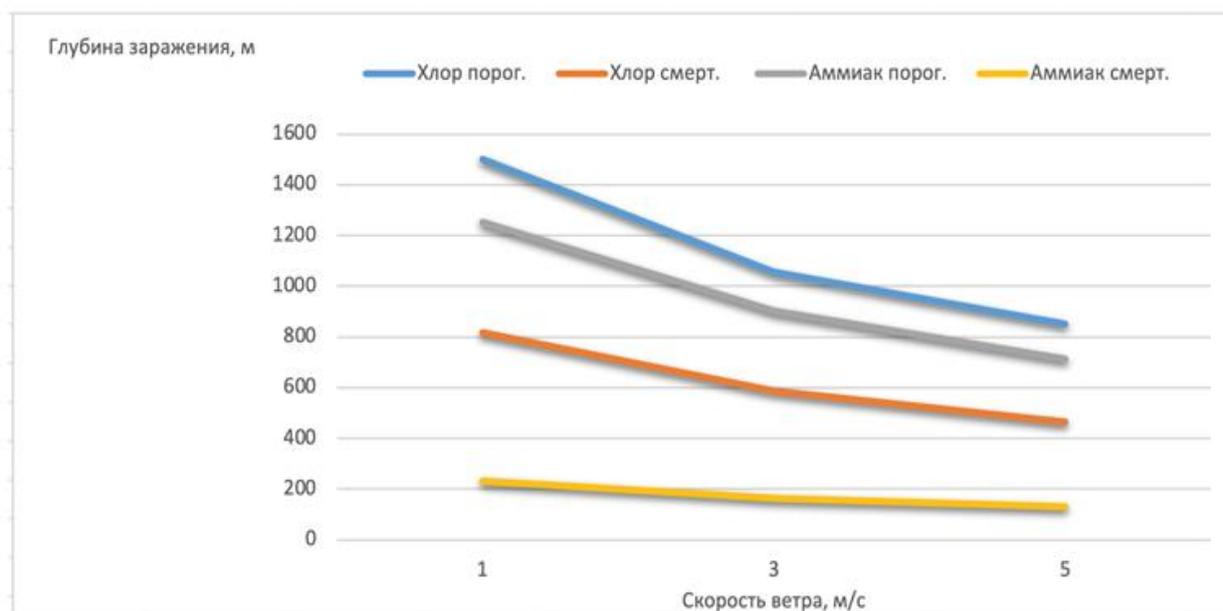


Рис. 3. График зависимости глубин химического заражения в районе аварийной остановки в зависимости от скорости ветра при температуре воздуха  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$

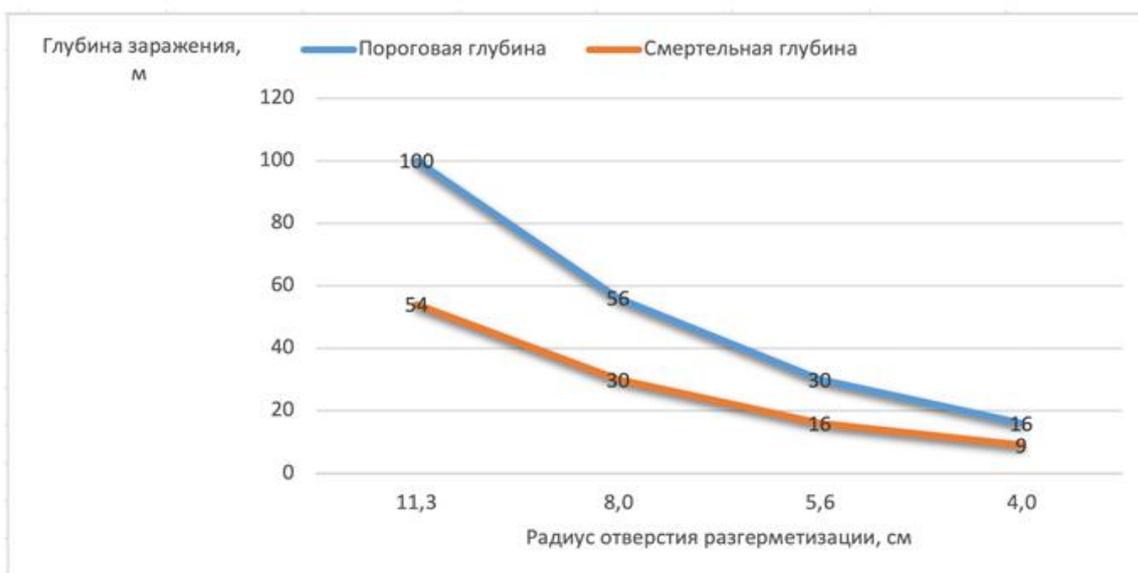
### Анализ прогнозируемых возможных последствий при авариях с разгерметизацией цистерн с АХОВ, перевозимых автомобильным транспортом в средней полосе

Для сравнения с данными, полученными при расчете глубин химического заражения при разгерметизации цистерн с хлором и аммиаком, перевозимых автомобильным транспортом, в Арктической зоне аналогичным образом был произведен расчет глубины химического заражения при разливе их в условиях средней полосы. В табл. 6 и на рис. 4 представлены данные расчета по глубине химического заражения на участке аварийного торможения при разливе хлора при тех же исходных параметрах, что были приняты при расчетах в Арктической зоне, за исключением: температура воздуха  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , с учетом инфильтрации в грунт; в табл. 7 и на рис. 5 приведены данные расчета по глубине химического заражения без учета инфильтрации.

Таблица 6

#### Глубина заражения на участке аварийного торможения при разливе хлора, температура воздуха $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ с учетом инфильтрации в грунт

Радиус отверстия разгерметизации, см	Пороговая глубина заражения, м	Смертельная глубина заражения, м
11,3	100	54
8,0	56	30
5,6	30	16
4,0	16	9

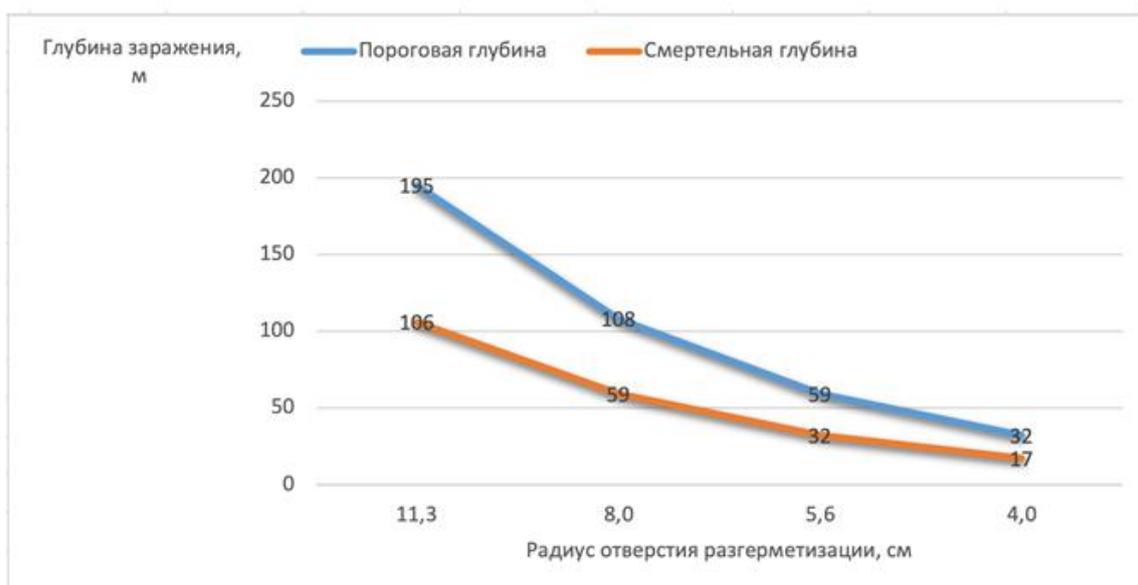


**Рис. 4. График зависимости глубин химического заражения от размера отверстия разгерметизации при разливе хлора на участке аварийного торможения, температура воздуха 20 °С с учетом инфильтрации в грунт**

Таблица 7

**Глубина заражения на участке аварийного торможения при разливе хлора, температура воздуха 20 °С, при разливе на асфальт (без учета инфильтрации)**

Радиус отверстия разгерметизации, см	Пороговая глубина заражения, м	Смертельная глубина заражения, м
11,3	195	106
8,0	108	59
5,6	59	32
4,0	32	17



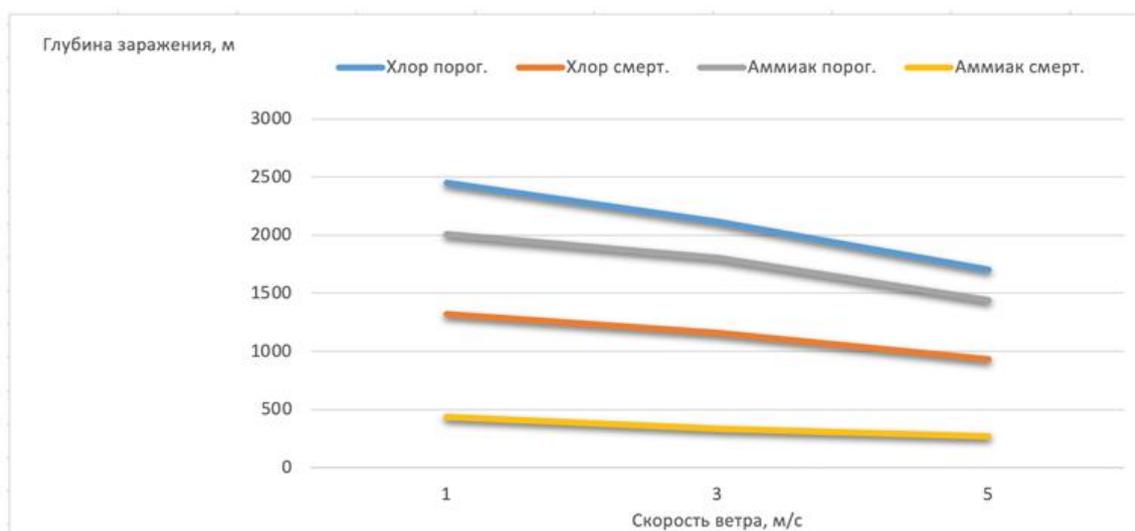
**Рис. 5. График зависимости глубин химического заражения от размера отверстия разгерметизации при разливе хлора на асфальт на участке аварийного торможения (без учета инфильтрации)**

В табл. 8 и на рис. 6 представлены данные расчета по глубине химического заражения при разливе хлора и аммиака в районе аварийной остановки при различной скорости ветра и принятых следующих условиях: степень вертикальной устойчивости воздуха – изотермия, температура воздуха 20 °С, радиус отверстия разгерметизации 11,3 см, при времени локализации аварии 15 мин.

Таблица 8

**Глубина заражения в районе аварийной остановки при разливе хлора и аммиака, степень вертикальной устойчивости воздуха – изотермия, температура воздуха 20 °С, скорость ветра 1 м/с**

Скорость ветра, м/с	Пороговая глубина заражения для хлора, м	Смертельная глубина заражения для хлора, м	Пороговая глубина заражения для аммиака, м	Смертельная глубина заражения для аммиака, м
1	2 450	1 320	2 010	432
3	2 116	1 156	1 806	333
5	1 703	930	1 438	265



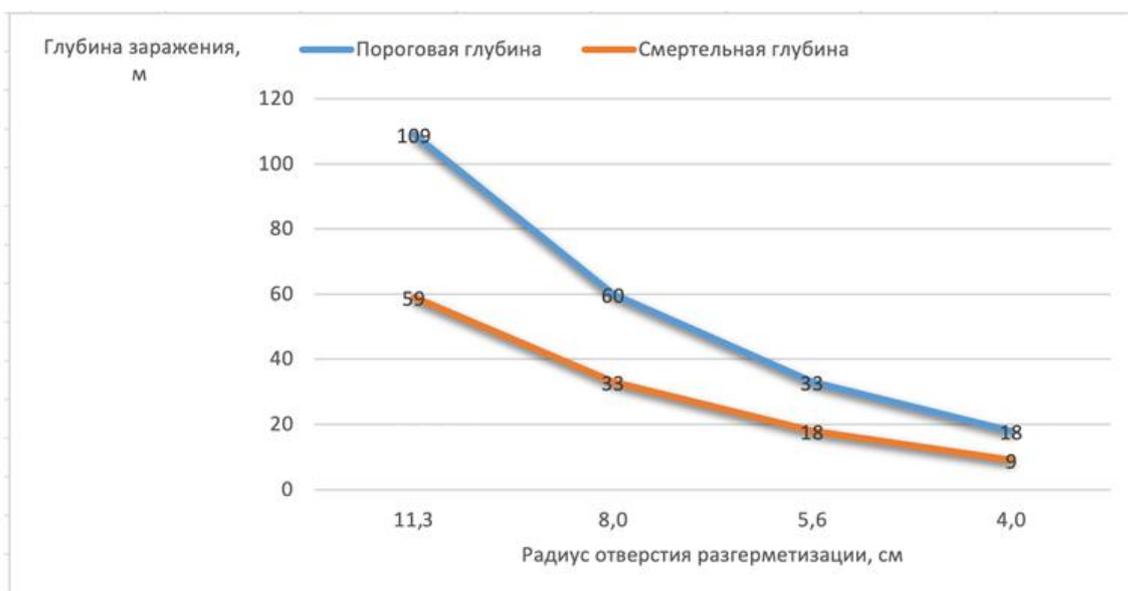
**Рис. 6. График зависимости глубин химического заражения в районе аварийной остановки в зависимости от скорости ветра, степень вертикальной устойчивости воздуха – изотермия, температура воздуха 20 °С**

В табл. 9 и на рис. 7 представлены данные по глубине химического заражения при разливе хлора, в табл. 10 и на рис. 8 – в случае разлива аммиака при температуре воздуха -20 °С на участке аварийного торможения.

Таблица 9

**Глубина заражения на участке аварийного торможения при разливе хлора, температура воздуха -20 °С**

Радиус отверстия разгерметизации, см	Пороговая глубина заражения, м	Смертельная глубина заражения, м
11,3	109	59
8,0	60	33
5,6	33	18
4,0	18	9

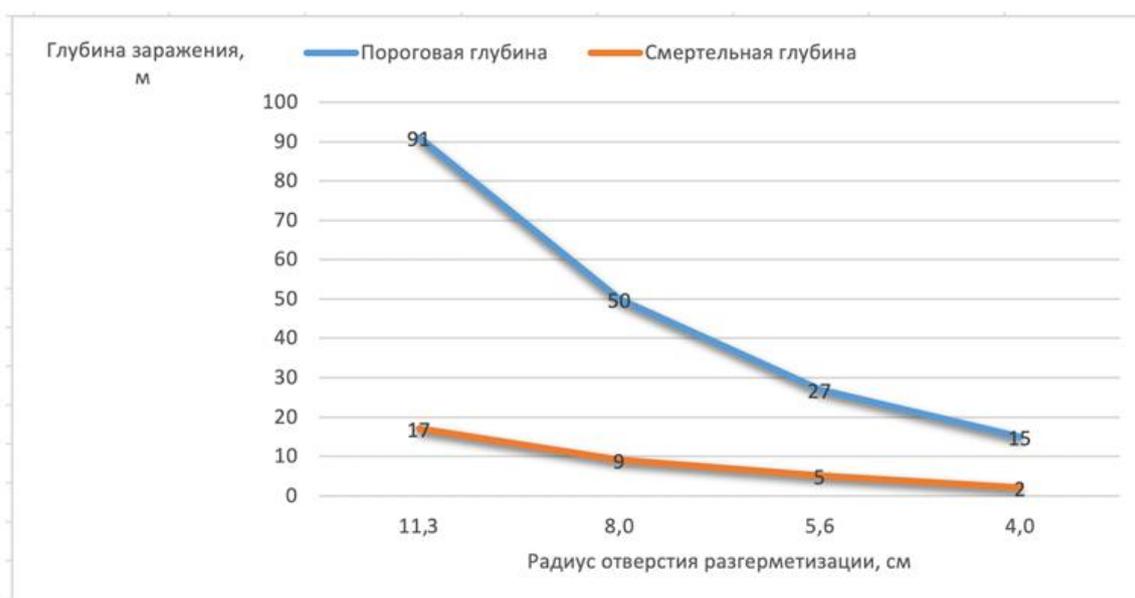


**Рис. 7. График зависимости глубин химического заражения от размера отверстия разгерметизации при разливе хлора на участке аварийного торможения, температура воздуха -20 °С**

Таблица 10

**Глубина заражения на участке торможения при разливе аммиака, температура воздуха -20 °С**

Радиус отверстия разгерметизации, см	Пороговая глубина заражения, м	Смертельная глубина заражения, м
11,3	91	17
8,0	50	9
5,6	27	5
4,0	15	2



**Рис. 8. График зависимости глубин химического заражения от размера отверстия разгерметизации при разливе аммиака на участке аварийного торможения, температура воздуха -20 °С**

Анализ полученных данных по расчетам глубин химического заражения при частичной разгерметизации резервуаров с АХОВ, перевозимых автомобильным транспортом, на маршрутах Арктической зоны в условиях экстремально низких температур позволяет сделать выводы и сформулировать следующие рекомендации по обеспечению безопасности населения при транспортировке АХОВ в условиях низких температур Арктической зоны:

– транспортировка хлора и аммиака автомобильным транспортом в Арктической зоне является более безопасной, чем их транспортировка в средней полосе. Данный факт обуславливается следующими причинами: при низких температурах снижается интенсивность испарения АХОВ, при отрицательных температурах и условий «вечной мерзлоты» отсутствует инфильтрация АХОВ в подстилающую поверхность;

– неблагоприятными метеорологическими условиями для перевозки АХОВ в Арктической зоне являются: инверсия, температура воздуха выше чем  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  при скорости ветра менее 2 м/с;

– при температурах в диапазоне  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  необходимо осуществлять оперативную ликвидацию аварии путем постановки водяных отсекающих завес для предотвращения испарения большого количества АХОВ в районе аварийной остановки. В этих целях целесообразно при прохождении маршрутов в населенных пунктах предусматривать включение в эскорт колонны с транспортом с АХОВ расчет ГПС МЧС России;

– обеспечение безопасности на участках аварийного торможения при авариях транспорта с АХОВ с учетом перевозимого количества их до 10 т возможно на маршрутах в населенных пунктах и местах массового скопления людей при небольших отверстиях разгерметизации, радиусом до 5 см. При этих условиях пороговая глубина химического заражения на участках аварийного торможения при экстремально низких температурах составит около 60 м для хлора и до 50 м для аммиака, что допустимо по расположению ближайших домов на маршруте перемещения транспорта с АХОВ.

### Заключение

В работе были осуществлены расчеты глубин химического заражения при разливе хлора и аммиака как наиболее часто перевозимых и опасных химических веществ с низкими температурами кипения в экстремальных климатических условиях Арктики. Проведенный анализ прогнозируемых последствий аварий, связанных с частичной разгерметизацией резервуаров с АХОВ, перевозимых автомобильным транспортом, позволил сформулировать рекомендации по обеспечению безопасности при транспортировке аварийно химически опасных веществ в условиях экстремально низких температур Арктической зоны Российской Федерации.

### Список источников

1. Руководство по безопасности транспортирования опасных веществ на опасных производственных объектах железнодорожными и автомобильными транспортными средствами (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому, и атомному надзору от 20 янв. 2017 г. № 20). Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

2. Савчук О.Н. Совершенствование методики прогнозирования масштабов возможного химического заражения жидкими аварийно химически опасными веществами при авариях // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 7. С. 32–39.

3. Савчук О.Н., Крейтор В.П., Аксенов А.А. Пути совершенствования методики оценки риска химической опасности при перевозке АХОВ автомобильным транспортом // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27. № 10. С. 46–55.

4. Старовойтова Е.В. Прогнозирование последствий аварийных залповых выбросов сжиженных газов. Казань: Академкнига, 2012. 195 с.

5. Суворова С.Д. Организация транспортировки опасных грузов в условиях Крайнего Севера // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. № 2 (40).
6. Последствия изменений климата для экономического роста и развития отдельных секторов экономики российской Арктики / Б.Н. Порфирьев [и др.] // Арктика: экология и экономика. 2017. № 4. С. 28.
7. Britter R.E. Atmospheric dispersion of dense gases // Annual Review of Fluid Mechanics. 1989. Vol. 21. P. 317–344.
8. Коваленко К.Е. Обеспечение безопасности населения в случае аварийного выброса аммиака на ООО «Алтайхолод»: магистерская диссертация. Барнаул: Алтайский гос. ун-т, 2018.
9. Кондратов Н.А. Особенности развития транспортной инфраструктуры в Арктической зоне России // Географический вестник. 2017. № 4 (34). С. 68–80.
10. Программа прогнозирования последствий аварий на транспорте, перевозящем АХОВ: свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2015610163 Рос. Федерация / О.Н. Савчук, А.А. Аксенов; заявитель и правообладатель Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. № 2014661405; заявл. 11.11.14; опублик. 12.01.15, Реестр программ для ЭВМ.

### References

1. Rukovodstvo po bezopasnosti transportirovaniya opasnyh veshchestv na opasnyh proizvodstvennyh ob'ektah zheleznodorozhnyimi i avtomobil'nymi transportnymi sredstvami (utv. prikazom Federal'noj sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu, i atomnomu nadzoru ot 20 yanv. 2017 g. № 20). Dostup iz inf.-pravovogo portala «Garant».
2. Savchuk O.N. Sovershenstvovanie metodiki prognozirovaniya masshtabov vozmozhnogo himicheskogo zarazheniya zhidkimi avarijno himicheski opasnymi veshchestvami pri avariayah // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2020. № 7. S. 32–39.
3. Savchuk O.N., Krejtor V.P., Aksenov A.A. Puti sovershenstvovaniya metodiki ocenki riska himicheskoy opasnosti pri perevozke АНОВ avtomobil'nym transportom // Pozharovzryvbezopasnost'. 2018. T. 27. № 10. S. 46–55.
4. Starovojtova E.V. Prognozirovanie posledstvij avarijnyh zalpovyh vybrosov szhizhennyh gazov. Kazan': Akademkniga, 2012. 195 s.
5. Suvorova S.D. Organizaciya transportirovki opasnyh грузов v usloviyah Krajnego Severa // Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk. 2020. № 2 (40).
6. Posledstviya izmenenij klimata dlya ekonomicheskogo rosta i razvitiya otdel'nyh sektorov ekonomiki rossijskoj Arktiki / B.N. Porfir'ev [i dr.] // Arktika: ekologiya i ekonomika. 2017. № 4. S. 28.
7. Britter R.E. Atmospheric dispersion of dense gases // Annual Review of Fluid Mechanics. 1989. Vol. 21. P. 317–344.
8. Kovalenko K.E. Obespechenie bezopasnosti naseleniya v sluchae avarijnogo vybrosa ammiaka na ООО «Altajholod»: masterskaya dissertaciya. Barnaul: Altajskij gos.un-t, 2018.
9. Kondratov N.A. Osobennosti razvitiya transportnoj infrastruktury v Arkticheskoj zone Rossii // Geograficheskij vestnik. 2017. № 4 (34). S. 68–80.
10. Programma prognozirovaniya posledstvij avarij na transporte, perevozyashchem АХОВ: svidetel'stvo ob oficial'noj registracii programmy dlya EVM № 2015610163 Ros. Federaciya / O.N. Savchuk, A.A. Aksenov; zayavitel' i pravoobladatel' Sankt-Peterburgskij universitet GPS MCHS Rossii. № 2014661405; zayavl. 11.11.14; opubl. 12.01.15, Reestr programm dlya EVM.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 19.09.2023; одобрена после рецензирования: 10.10.2023;  
принята к публикации: 03.11.2023

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 19.09.2023; approved after review: 10.10.2023;  
accepted for publication: 03.11.2023

*Сведения об авторах:*

**Савчук Олег Николаевич**, профессор кафедры сервис безопасности 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-savchuk@mail.ru, SPIN-код: 5156-1928

**Игайкина Ирина Ивановна**, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва (430005, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат технических наук, доцент, e-mail: igaikinamgu@mail.ru, SPIN-код: 4945-5114

**Аксенов Александр Александрович**, старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва (430005, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат технических наук, e-mail: 79879977390@yandex.ru, SPIN-код: 1462-4388

*Information about the authors:*

**Savchuk Oleg N.**, professor of the department of security service of the Saint-Petersburg university 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-savchuk@mail.ru, SPIN: 5156-1928

**Igaykina Irina I.**, head of the department of life safety of the National research Mordovian state university named after N.P. Ogarev (430005, Saransk, Bolshevistskaya str., 68), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: igaikinamgu@mail.ru, SPIN: 4945-5114

**Aksenov Alexander A.**, senior lecturer of the department of life safety of the National research Mordovian state university named after N.P. Ogarev (430005, Saransk, Bolshevistskaya str., 68), candidate of technical sciences, e-mail: 79879977390@yandex.ru, SPIN: 1462-4388