

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗРЫВА НА ПОДВОДНОМ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ



П. Ю. Кузьменко

Главный специалист-эксперт отдела предупреждения
чрезвычайных ситуаций, мероприятий гражданской обороны
Управления гражданской обороны и защиты населения

E-mail: kuzmenko-polina@mail.ru

ГУ МЧС России по Калининградской области

Т. С. Станкевич, канд. техн. наук

E-mail: stankevich.ts@bgarf.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Выполнен анализ методической базы по оценке опасности подводных потенциально опасных объектов. В качестве примера объекта рассмотрена самоходная сухогрузная баржа, территориально расположенная на дне Балтийского моря. Осуществлено моделирование взрыва двух типов зарядов при выполнении работ по разминированию баржи: первый сценарий – детонация 100 артиллерийских снарядов калибра 20-мм; второй сценарий – детонация 10 артиллерийских снарядов калибра 88-мм. Проведены расчеты действия фронта ударной волны на человека при подводном взрыве артиллерийских снарядов по обоим сценариям и выполнена оценка сейсмического воздействия подводного взрыва на здания и сооружения, расположенные в береговой зоне.

Ключевые слова: взрыв, подводный потенциально опасный объект, сухогрузная баржа, Балтийское море.

ВВЕДЕНИЕ

ППОО представляет собой объект, потерпевший крушение, в ходе ведения боевых действий, техногенных катастроф, несущий в себе повышенный уровень риска и отличающийся повышенным содержанием токсичных веществ на борту. Перечень веществ, находящихся на ППОО и отнесенных к опасным, утвержден законодательно, а именно приказом МЧС России от 27 февраля 2003 г. № 98 [1]. Согласно документу [1] взрывчатые вещества (ВВ) на борту ППОО также рассматриваются как опасные, поскольку при определенном стечении обстоятельств ВВ могут стать причиной подводных взрывов.

Под взрывом понимается процесс чрезвычайно быстрого химического превращения взрывчатых веществ, сопровождающийся выделением большого количества теплоты и образованием сильно нагретых газов, способных при расширении производить механическую работу [2]. Отличительной чертой подводного взрыва является то, что из-за взрыва заряда ВВ под водой отмечается слабое затухание ударных волн по причине малой сжимаемости водной среды [1].

До 2024 г. в Реестре ППОО числились восемь затонувших объектов, расположенных в акватории Балтийского моря, относящейся ко внутренним водам Российской Федерации [3]. По состоянию на 2025 г. за Калининградской областью (акватория порта г. Балтийск) числятся два ППОО, среди которых затонувшая самоходная сухогрузная баржа. Самоходная сухогрузная баржа загружена артиллерийскими снарядами различного калибра, а также фауст-

патронами времен Великой Отечественной войны. Боеприпасы расположены как на палубе, так и в сохранившихся трюмах судна [4].

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования в работе являются подводные ППОО в акватории Балтийского моря, предметом – взрывобезопасность подводных ППОО в акватории Балтийского моря.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель – повышение эффективности осуществления работ по предупреждению чрезвычайных ситуаций на ППОО (на примере самоходной сухогрузной баржи, затонувшей в водах Балтийского моря).

Задачи:

- анализ методической базы по оценке опасности ППОО;
- моделирование взрыва на ППОО.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе применен следующий метод исследования: математическое моделирование.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате анализа методической базы по оценке опасности ППОО рекомендовано использовать Методику оценки опасности ППОО во внутренних водах и территориальном море Российской Федерации [2].

В соответствии с Методикой [2], в анализе угрозы возможного бедствия применимо установление численных параметров, согласно которым выделяется зона последующего распространения катастрофы.

Для оценки опасности ППОО рекомендуется использовать критерии отнесения обстановки в акватории размещения объектов к чрезвычайной ситуации [2]. Для взрывоопасных ППОО, к которым относится самоходная сухогрузная баржа, затонувшая в водах Балтийского моря, необходимо определить два ключевых параметра:

- избыточное давление во фронте ударной волны на расстоянии от эпицентра подводного взрыва;
- сейсмическое воздействие на береговые здания и сооружения.

Исходя из представленных выше сведений, разберем далее более подробно два возможных сценария развития чрезвычайной ситуации (взрыва) на самоходной сухогрузной барже в акватории Балтийского моря.

Для ППОО, расположенных на дне морских акваторий, при расчете избыточного давления во фронте ударной волны в воде при их подрыве используем формулу Р. Коула, где m – масса заряда, кг; r – расстояние от центра взрыва до рассматриваемой точки, м:

$$\Delta P_{\phi} = 52234 \left(\frac{(2m)^{1/3}}{r} \right)^{1,13}, \text{ кПа.}$$

Первый сценарий: в наибольшем количестве на затопленной барже числятся снаряды 20-мм (свыше 100 штук за одно погружение) и 88-мм (свыше 10 штук за одно погружение). Для моделирования чрезвычайной ситуации возьмем за основу расчетов наличие 100 боеприпасов 20-мм на судне (рисунок 1).

Для расчета давления на фронте ударной волны применим формулу, где расстояние составит 17 м, а масса тротилового заряда – 2,9 кг.

Исходя из полученных значений, можно сделать вывод, что при внезапной детонации 100 артиллерийских снарядов калибра 20-мм сила ударной волны составит 4074 кПа, что приведет к летальному исходу сотрудников, проводящих работы по ликвидации боеприпасов.



Рисунок 1 – Артиллерийский снаряд 20-мм [5]

Второй сценарий: в качестве сравнения произведем расчеты для аналогичной обстановки, но с боеприпасами калибра 88-мм (рисунок 2) в количестве 10 шт.

Исходя из полученных значений, можно сделать вывод, что при внезапной детонации 10 артиллерийских снарядов калибра 88-мм сила ударной волны составит 2 925 кПа, что также приведет к летальному исходу водолазов.



Рисунок 2 – Артиллерийский снаряд 88-мм [6]

Далее произведем оценку сейсмического воздействия подводного взрыва на здания и сооружения, расположенные в береговой зоне. Известно, что от места залегания ППО до береговой полосы – 1,5 км, до ближайшей жилой зоны, гостиницы (Villa Ada, гостиница-пансионат) – 2,08 км (рисунок 3). Высота здания составляет три этажа.

Безопасное расстояние для гостиницы-пансионата при взрыве артиллерийских снарядов 20-мм в количестве 100 шт. и массой заряда в 2,9 кг составит 54 м, что не превышает расстояние в 2 080 м от затопленной баржи до пансионата. Следовательно, ударная волна не коснется жилой постройки, а затухнет на территории водного пространства.

Аналогично можно рассчитать безопасное расстояние для жилого объекта (гостиница-пансионат): при взрыве артиллерийских снарядов 88-мм в количестве 10 шт. и массой заряда в 1,17 кг составит 40 м.

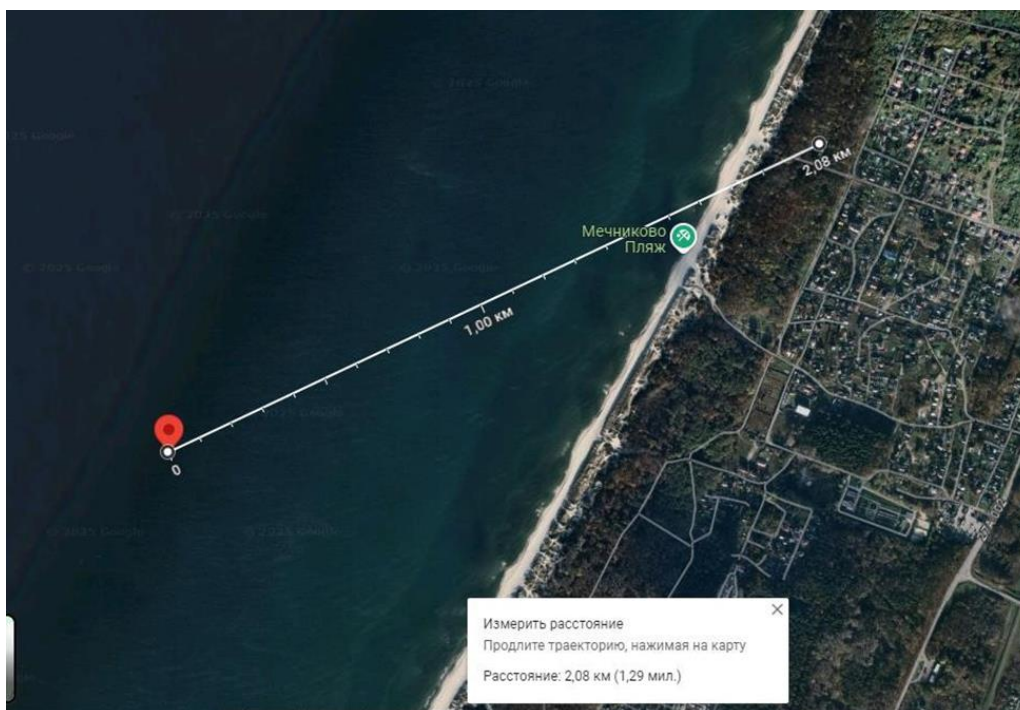


Рисунок 3 – Расстояние от ППОО до ближайшего пансионата

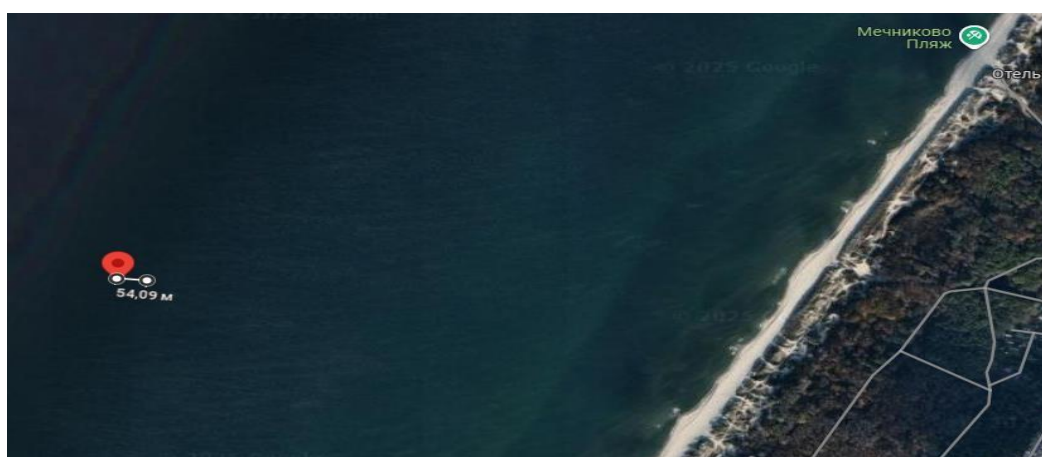


Рисунок 4 – Безопасное расстояние при подводном взрыве (54 м)

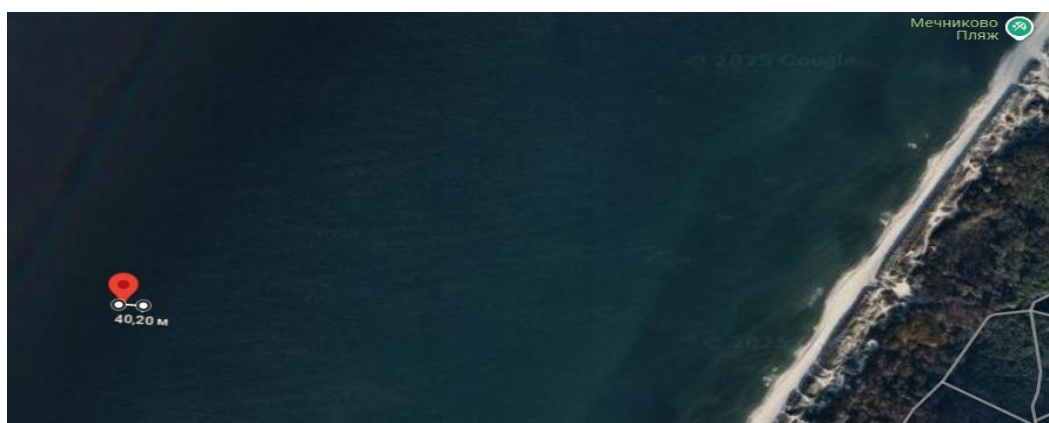


Рисунок 5 – Безопасное расстояние при подводном взрыве (40 м)

Важно учесть, что в случае возникновения подводного взрыва иного заряда порядок расчетов безопасных зон будет меняться.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, приведены расчеты как действия фронта ударной волны при подводном взрыве на сотрудников, проводящих подводные работы, так и безопасного расстояния в момент взрыва артиллерийских снарядов определенного заряда до ближайшего жилого объекта на побережье Балтийского моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС РФ от 27 февраля 2003 г. № 98 «Об утверждении Порядка разработки и представления декларации безопасности подводных потенциально опасных объектов, находящихся во внутренних водах и территориальном море Российской Федерации».
2. ГОСТ Р 22.0.08-96. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Взрывы. Термины и определения.
3. Владимиров, М. В. Классификация подводных потенциально опасных объектов / М. В. Владимиров, М. А. Холмянский, Е. М. Снопина // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2010. – С. 54–57. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_20125456_43969399.pdf (дата обращения: 31.01.2025).
4. Кузьменко, П. Ю. Осуществление работ по предупреждению чрезвычайных ситуаций на подводных потенциально опасных объектах / П. Ю. Кузьменко, Т. С. Станкевич // Балтийский морской форум (Калининград, 2024 г.). – С. 176–179. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_80326146_90523965.pdf (дата обращения: 10.02.2025).
5. Военная история: боеприпасы 20-мм. – URL: https://xn--80aaxgqbdi.xnp1ai/publ/1/boeprpasy_20_mm_avtomaticheskoy_aviacionnoj_pushki_madsen/10-1-0-928 (дата обращения: 16.02.2025).
6. Военное образование: использование немецких орудий 88-мм. – URL: <https://topwar.ru/181609-ispolzovanie-trofejnyh-nemeckih-88-mm-zenitnyh-orudij.html> (дата обращения: 16.02.2025).

MODELING OF EXPLOSION AT UNDERWATER POTENTIALLY HAZARDOUS OBJECT

P. Yu. Kuzmenko

Chief specialist-expert of the Department for the prevention of emergency situations, civil defense measures of the civil defense and population protection department

E-mail: kuzmenko-polina@mail.ru

Ministry of Emergency Situations of Russia (Kaliningrad Region)

T. S. Stankevich

PhD in Engineering

E-mail: stankevich.ts@bgarf.ru,

Kaliningrad State Technical University

The analysis of the methodological base for assessing the danger of underwater potentially dangerous objects was performed. As an example of an object, a self-propelled dry cargo barge, territorially located on the bottom of the Baltic Sea, was considered. The explosion of two types of charges during demining of the barge was simulated: the first scenario is the detonation of 100 artillery shells of 20 mm caliber; the second scenario is the detonation of 10 artillery shells of 88 mm caliber. Calculations were made of the effect of the shock wave front on a person during an underwater explosion of artillery shells for both scenarios and an assessment of the seismic impact of an underwater explosion on buildings and structures located in the coastal zone was performed.

Keywords: explosion, underwater potentially dangerous object, dry cargo barge, Baltic Sea.