

УДК 662.2

**Флягин Александр Сергеевич**  
младший научный сотрудник,  
лаборатория разрушения горных пород,  
Институт горного дела УрО РАН,  
620075, г. Екатеринбург,  
ул. Мамина-Сибиряка, 58  
e-mail: [flyagingdr@mail.ru](mailto:flyagingdr@mail.ru)

**Федоров Евгений Владимирович**  
начальник участка, ООО «Уралвзрывпром»,  
620146, Свердловская область, Екатеринбург,  
ул. Шаумяна 81, офис 220  
e-mail: [mamu.fedorov@mail.ru](mailto:mamu.fedorov@mail.ru)

### ПРИМЕНЕНИЕ ЭМУЛЬСИОННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ВЗРЫВАНИИ ЛЕДЯНЫХ ПОКРОВОВ

#### Аннотация:

Для предупреждения и ликвидации опасных ледяных заторов в русле рек в настоящее время чаще всего применяется взрывной способ, реже авиационное бомбометание, минометно-артиллерийский обстрел, а также ледокольный метод. В статье описан опыт борьбы с заторами на затороопасных участках рек с применением эмульсионного взрывчатого вещества (ЭВВ) заводского производства марки НПГМ-П-П-М диаметром 60 мм, изготовленного по ТУ 20.51.11-016-37945333-2017, применяемого в качестве основного заряда для взрывания ледяных покровов. Иницирование и монтаж сети производились с применением детонирующего шнура марки ДШЭ-12 и пиротехнических реле марки РП-Д. Данный вид взрывчатых веществ (ВВ) и СИ показал их неоспоримые преимущества перед другими классами промышленных ВВ, имея превосходную водоустойчивость, в результате чего сохраняются взрывчатые характеристики в проточных водах и даже на большой глубине [1]. В результате проведенных работ по взрыванию льда со средней толщиной 0,7 м ЭВВ имеют преимущества перед штатными ВВ и ВВ из утилизируемых боеприпасов [2] как в техническом, так и в экономическом аспекте. Удельный расход ЭВВ составил 0,36 кг/м<sup>3</sup>, что в разы ниже, при использовании тротилсодержащих ВВ при дроблении льда.

DOI: 10.25635/2313-1586.2023.04.116

**Flyagin Alexander S.**  
Junior Researcher,  
Laboratory of rock destruction,  
Institute of Mining, Ural Branch of RAS,  
620075 Ekaterinburg, 58 Mamina-Sibiriyaka Str. ;  
e-mail: [flyagingdr@mail.ru](mailto:flyagingdr@mail.ru)

**Fedorov Evgeny V.**  
site manager,  
Uralvzryvprom LLC,  
620146 Ekaterinburg, 81 Shaumyana Str., off. 220  
e-mail: [mamu.fedorov@mail.ru](mailto:mamu.fedorov@mail.ru)

### APPLICATION OF EMULSION EXPLOSIVES WHEN EXPLODING ICE COVER

#### Abstract:

To prevent and eliminate dangerous ice jams in riverbeds, the explosive method is currently most often used, less often used are aerial bombing, mortar and artillery shelling, as well as the ice-breaking method. The article considers the experience of dealing with congestions in flood-prone river sections using an emulsion explosive (EE) of industrial production NPGM-P-II-M brand with a diameter of 60 mm manufactured according to TU 20.51.11-016-37945333-2017 used as the main charge for exploding ice sheets. The initiation and installation of the network was carried out using a detonating cord of the DShE-12 brand and pyrotechnic relays of the RP-D brand. This type of explosives and initiation systems have shown their undeniable advantages over other classes of industrial explosives having excellent water resistance, as a result of which explosive characteristics are preserved in flowing waters and even at great depths [1]. As a result of the work carried out for blasting ice with an average thickness of 0.7 meters, EE have advantages over regular explosives and explosives from recycled ammunition [2], both in technical and economic aspects. The specific consumption of EE was 0.36 kg/m<sup>3</sup>, which is several times lower when using (TNT containing) explosives when crushing ice.

#### Введение

В весенний период вскрытия рек ледяной покров может создавать заторы, которые могут привести к наводнениям. Когда лед начинает таять, ледяные глыбы, плывущие по течению, могут скапливаться и образовывать заторы, что препятствует свободному течению воды и может вызвать повышение уровня воды в реках. Во время ледохода часто происходят подтопления прибрежных территорий. Это может привести к

повреждению имущества, включая дома, предприятия и инфраструктуру. Образованные заторы, скопившиеся льдины в русле реки во время ледохода, вызывают стеснение водного сечения, что в свою очередь увеличивает скорость течения воды, а это увеличивает опасность подмыва опор мостов и даже их сноса. Ежегодный ущерб, наносимый ледоходами хозяйственным субъектам, исчисляется миллионами рублей. С учетом повторяемости ледохода ежегодно работы по защите сооружений являются крайне важными.

Разрушение льда методом взрывания является одним из основных направлений предупреждения и ликвидации опасных заторов. Взрывы широко применяются в оперативной борьбе с заторами на затороопасных участках путем закладки зарядов ВВ на лед, в лед и под лед. Проведение взрывных работ при проведении работ по предупреждению и ликвидации опасных заторов и подготовки к ледоходу является самым эффективным, чему также способствуют незначительные капитальные затраты и простота средств механизации. Появление мощных водоустойчивых и менее опасных в обращении взрывчатых веществ, а также применение современных технологий расширяет возможности данного способа как в период подготовки в ледоходу, так и в период ликвидации образовавшихся заторов.

На тему ледоборьбы написано много трудов и научных работ [1, 7, 10, 11]. Но описания применения для данного вида работ ЭВВ отсутствуют в открытой печати. Основными видами используемых ВВ, описанных в источниках, являются тротилсодержащие или конверсионные. Есть и аммиачно-селитренные типа «Игданит», но они не получили распространения при взрывании ледяных покровов из-за низкой водоустойчивости.

Заторные опасные ледовые явления и обусловленные ими затопления местности широко распространены почти по всей территории Российской Федерации.

Десятки российских предприятий, ведущих взрывные работы на карьерах и шахтах, в весеннее время проводят ледокольные подрядные работы на реках, опасных по образованию ледяных заторов и подтоплению заселенных людьми территорий. Взрывные работы по раскалыванию ледяного покрова являются предупредительными мероприятиями, позволяющими ускорить процесс ледохода и обеспечить беззаторный пропуск льда на реках для охраны мостовых сооружений и объектов во время ледохода, а также во избежание наводнений.

Одной из таких организаций является ООО «Уралвзрывпром», специализирующееся на взрывных работах в карьерах и шахтах Урала.

В 2023 г. в районе мостов через р. Тура в Слободотуринском муниципальном районе и Туринском городском округе Свердловской области этой организацией были проведены взрывные работы по взрыванию льда со средней толщиной 0,7 м.

#### *Описание метода взрывных работ*

В зависимости от цели ледовых взрывных работ могут быть выбраны следующие три типа расположения зарядов: на поверхности ледяного покрова, в толще льда и под ледяным покровом (в воде). Разрушение ледяного покрова с помощью подрыва заряда на его поверхности вызывается действием продуктов детонации и ударной воздушной волны, распространяющейся с определенной скоростью по поверхности льда.

Наиболее эффективный способ разрушения льда – зарядами, расположенными под ледяным покровом. Характер разрушения льда определяется воздействием на него взрывной волны, возникающей в воде. Схема разрушения ледяного покрова подводным взрывом представлена на рис. 1.

Наибольший эффект достигается при размещении подводных зарядов на некоторой глубине под ледяным покровом – тем большей, чем он толще. Так, при толщине льда 0,5, 1,0 и 1,5 м значение глубины закладки находится, соответственно, в диапазонах 1–1,5; 2–2,5; 3 – 3,5 м.

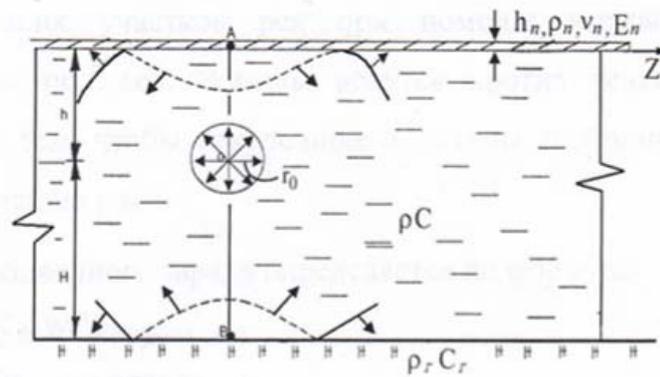


Рис. 1. Схема разрушения ледяного покрова подводным взрывом:

$h$  и  $H$  – расстояния от эпицентра взрыва  $O$  до нижней поверхности льда и до поверхности дна реки;  $\rho$  – плотность воды;  $C$  – скорость распространения продольной волны в воде;  $\rho_r$  – плотность грунта;  $C_r$  – скорость продольной волны в грунте;  $r$  – сферический заряд с радиусом  $r_0$ ;  $A$  – эпицентр взрыва (его проекция)

С целью предупреждения образования заторов ниже предполагаемых затороопасных мест проводится освобождение от льда больших участков рек при помощи взрывов зарядов, опускаемых под лед.

Вес подводного заряда определялся по формуле:

$$Q = K_{\text{ВВ}} \cdot K_{\text{д}} \cdot W^3,$$

где  $K_{\text{д}}$  – удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>;

$K_{\text{ВВ}}$  – коэффициент работоспособности ВВ;

$W$  – линия наименьшего сопротивления (измеряется от центра заряда ВВ до поверхности льда), м.

Для патронированных эмульсионных ВВ «НПГМ-П- II-60»  $K_{\text{ВВ}} = 0,8$ .

Удельный расход ВВ изменяется от 0,3 до 1,5 кг/м<sup>3</sup> и зависит от размера льдин, необходимой степени дробления в майне льда и его разброса. Глубина опускания заряда  $W$  увеличивается с повышением толщины ледяного покрова. Расстояние между зарядами зависит от диаметра образуемой майны, условий взрыва и характера выполняемой работы. Обычно расстояние колеблется от 3 до 15  $W$  (глубин опускания заряда в воду).

Параметры расположения и вес зарядов были выбраны исходя из опыта и результата взрывания прошлых лет непосредственно на этих объектах. Из практики проведения ледокольных работ перед основным взрывом льда необходимо провести небольшой взрыв ледяного покрова реки с малым зарядом взрывчатого вещества с целью отпугивания рыбных ресурсов от будущего места взрыва. Это позволяет предостеречь от массовой гибели рыбные ресурсы. Производство взрывных работ выполнялось в соответствии с заранее разработанной проектной документацией на основании [5] и при строгом соблюдении требований [6].

Задача на данном участке проведения работ по обработке льда состояла в образовании 2-х майн размерами 60 м в длину и 4 м в ширину, средняя толщина ледяного покрова  $h_{\text{ср}} = 0,7 - 0,8$  м.

В ходе работ был выбран подводный тип расположения заряда как наиболее подходящий для данного вида работ. Для размещения подводного заряда бурилась скважина диаметром 130 мм с использованием мотобура. Учитывая, что заряд располагался под водой, возникла потребность в зарядании скважин водостойчивыми взрывчатыми веществами. Данная работа была проведена с применением водостойчивого взрывчатого вещества марки НПГМ-П- II-М-60 взамен патронированного аммонита № 6 ЖВ диаметром 90 мм. Ранее применяемый аммонит № 6 ЖВ при взрывании льда требовал дополнительного использования герметичной упаковки, что в условиях низ-

кой температуры затрудняло процесс зарядания. Приходилось размещать заряды в толще льда для исключения контакта ВВ с водой, что в свою очередь снижало эффективность дробления льда. И, конечно же, стоимость аммонита № 6 ЖВ в разы больше стоимости патронированных эмульсионных ВВ, что сказывается на общей стоимости взрывных работ. В качестве средств инициирования применялся детонирующий шнур марки ДШЭ-12, характеризующийся водостойкостью до 30 суток на глубине до 30 м, и пиротехническое реле марки РП-Д с номинальным временем замедления 45 мс. Иницирование поверхностной взрывной сети производилось электрическим способом от двух электродетонаторов ЭД-8, соединенных параллельно. Электродетонаторы инициировались от взрывной машинки КПМ-3 из безопасного места.

#### Параметры буровых и взрывных работ

Заданные размеры майны, подлежащей взрыванию, указаны в табл. 1.

Таблица 1

#### Размеры майны, подлежащей взрыванию

Наименование	Размеры			Объем, м <sup>3</sup>	Скорость течения реки, км/ч
	Длина, м	Ширина, м	Толщина льда, м		
Майна 1	60	4	0,7	168	3
Майна 2	60	4	0,7	168	3

Параметры расположения и вес зарядов приведены в табл. 2.

Таблица 2

#### Параметры расположения и вес зарядов

Толщина льда, м	Глубина погружения зарядов, м	Расстояние между зарядами, м	Удельный расход ВВ, кг/м <sup>3</sup>	Диаметр отверстия для размещения подводного заряда, мм	Вес заряда, кг
0,7	2,4	4	0,36	130	4

При необходимости увеличения ширины майны с сохранением количества заряда ВВ, скважины возможно располагать в шахматной сетке с отклонением от створа основного ряда не более половины расстояния между скважинами.

Схема расположения зарядов приведена на рис. 2.

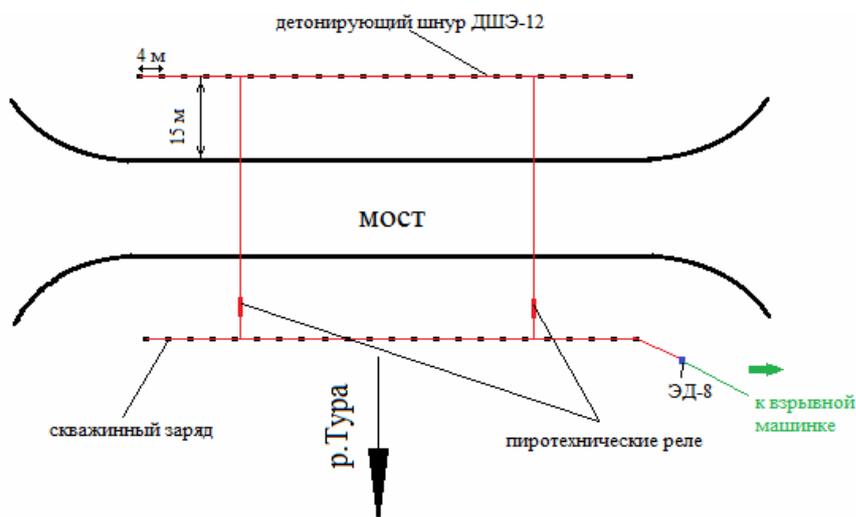


Рис. 2. Схема расположения зарядов

Взрывные работы были проведены с радиусом опасной зоны 100 м в соответствии с «Правилами безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения» и приложением № 21.

Конструкция заряда представлена на рис. 3.

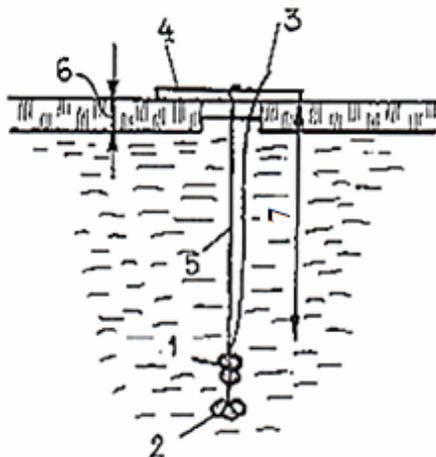


Рис. 3. Конструкция заряда подледного взрывания:  
1 – заряд ВВ; 2 – груз; 3 – детонирующий шнур; 4 – перекладина; 5 – шпагат; 6 – лед;  
7 – глубина погружения

Работы были проведены согласно «Проекту производства взрывных работ в районе мостов через р. Тура, разработанному ООО «Уралвзрывпром», в течение одного светового дня. В ходе работ были образованы майны необходимых размеров (рис. 4), тем самым обеспечено беспрепятственное прохождение льда. Затвор льда был предотвращен, и охраняемый объект (мост) через р. Тура, находящийся около с. Галактионовка, был полностью сохранен (рис. 5).



Рис. 4. Образовавшаяся майна после взрыва



Рис. 5. Общий вид моста и получившейся майны

Представленный материал, описывающий применение эмульсионных ВВ, представляет интерес как для научных работников, так и для производителей, непосредственно выполняющих работы по ледоборьбе.

### Список литературы

1. Колганов Е.В., Колганов Е.В., Соснин В.А., 2009. *Эмульсионные промышленные взрывчатые вещества*. 1-я книга (Составы и свойства). Дзержинск: Изд-во ГосНИИ «Кристалл», 592с.
2. Яковлев В.Б., Марков В.С., 2017. К вопросу разрушения ледяных заторов на реках Севера с применением модульной вертолетной системы всм -1. *Вестник Воронежского института ГПС МЧС России*, № 3 (24). С. 41 – 44.
3. Першин А.Е., 2019. Борьба с ледовыми заторами в районе города Великий Устюг. *Вестник науки и образования*. № 10 – 3 (64). С. 21 – 23.
4. Агафонова С.А., Василенко А.Н., Фролова Н.Л., 2016. Факторы образования ледовых заторов на реках бассейна Северной Двины в современных условиях. *Вестник Московского университета, Серия 5, География*, С. 82– 90.
5. *Инструкция по организации и безопасному производству взрывных ледокольных работ и ледоходных работ*, ИГД УрО РАН; ООО НПП "Взрывтехнология". Екатеринбург: Альфа Принт, 2021, 19 с.
6. «*Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения*», утверждённые Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору», приказ от 3 декабря 2020 г. № 494: Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=431880&ysclid=lqkel8w0qx586728598> (дата обращения 12.12.2023)
7. Ганопольский М.И., Барон В.Л., Белин В.А., Пупков В.В., Сивенков В.И., 2007.

*Методы ведения взрывных работ. Специальные взрывные работы.* Москва: МГГУ, 558 с.

8. *Инструкция по предупреждению, обнаружению и ликвидации отказавших зарядов взрывчатых веществ на земной поверхности ООО «Уралвзрывпром»* 2017 г. 25 с. URL: [https://uralvp.ru/catalog/specialnye\\_vzryvnye\\_raboty/](https://uralvp.ru/catalog/specialnye_vzryvnye_raboty/) (дата обращения 8.12.2023)

9. *Технические условия «НПГМ» ТУ 20.51.11-016-37945333-2017.* НАО НИПИ-ГОРМАШ 2017 г., 23 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/437261799?ysclid=lqkfedkwzd861667475> (дата обращения 8.12.2023)

10. Тавризов В.М., 1986. *Взрывание льда.* Москва: Недра, 135.

11. Давыдов С.А., 1959. Как бороться с ледоходом. *Автомобильные дороги*, № 10.

12. Авдеев Ф.А., Барон В.Л., Гуров Н.В., Кантор В.Х., 1986. *Нормативный справочник по буровзрывным работам.* Москва: Недра, 511 с.

## References

1. Kolganov E.V., Kolganov E.V., Sosnin V.A., 2009. Emul'sionnye promyshlennye vzryvchatye veshchestva [Emulsion industrial explosives]. 1-ya kniga (Sostavy i svoistva). Dzerzhinsk: Izd-vo GosNII "Kristall", 592 p.

2. Yakovlev V.B., Markov V.S., 2017. K voprosu razrusheniya ledyanykh zatorov na rekakh Severa s primeneniem modul'noi vertoletnoi sistemy VSM -1 [On the issue of the destruction of ice jams on the rivers of the North using the modular helicopter system VSM-1]. Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii, № 3 (24). P. 41 – 44.

3. Pershin A.E., 2019. Bor'ba s ledovymi zatorami v raione goroda Velikii Ustyug [Control of ice jams in the area of Veliky Ustyug]. Vestnik nauki i obrazovaniya. № 10-3 (64). P. 21 – 23.

4. Agafonova S.A., Vasilenko A.N., Frolova N.L., 2016. Faktory obrazovaniya ledovykh zatorov na rekakh basseina Severnoi Dviny v sovremennykh usloviyakh [Factors of ice congestion formation on the rivers of the Northern Dvina basin in modern conditions]. Vestnik Moskovskogo universiteta, Seriya 5, Geografiya, P. 82– 90.

5. Instruktsiya po organizatsii i bezopasnomu proizvodstvu vzryvnykh ledokol'nykh rabot i ledokhodnykh rabot [Instructions for the organization and safe production of explosive icebreaking and ice-moving works]. IGD UrO RAN; ООО NPP "Vzryvtekhnologiya". Ekaterinburg: Alfa Print, 2021, 19 p.

6. "Pravila bezopasnosti pri proizvodstve, khraneni i primeneni vzryvchatykh materialov promyshlennogo naznacheniya" [Federal norms and Rules in the field of industrial safety "Safety rules for the production, storage and use of explosive materials for industrial purposes"], utverzhdennye Federal'noi sluzhboi po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru', prikaz ot 3 dekabrya 2020 g. № 494: Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoi bezopasnosti . URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=431880&ysclid=lqkel8w0qx586728598> (data obrashcheniya 12.12.2023)

7. Ganopol'skii M.I., Baron V.L., Belin V.A., Pupkov V.V., Sivenkov V.I., 2007. *Metody vedeniya vzryvnykh rabot* [Methods of conducting blasting operations]. Spetsial'nye vzryvnye raboty. Moscow: MGGU, 558 p.

8. Instruktsiya po preduprezhdeniyu, obnaruzheniyu i likvidatsii otkazavshikh zaryadov vzryvchatykh veshchestv na zemnoi poverkhnosti ООО "Uralvzryvпром" 2017 г. [Instructions for the prevention, detection and elimination of failed explosive charges on the Earth's surface of Uralvzryvпром LLC 2017] - 25 p. URL: [https://uralvp.ru/catalog/specialnye\\_vzryvnye\\_raboty/](https://uralvp.ru/catalog/specialnye_vzryvnye_raboty/) (data obrashcheniia 8.12.2023)

9. Tekhnicheskie usloviya "NPGM" ТУ 20.51.11-016-37945333-2017 [Technical specifications of NPGM ТУ 20.51.11-016-37945333-2017]. НАО НИПИ-ГОРМАШ 2017 г., 23 p. URL: <https://docs.cntd.ru/document/437261799?ysclid=lqkfedkwzd861667475> (data obrashcheniya 8.12.2023)

10. Tavrizov V.M., 1986. *Vzryvanie l'da* [Exploding of ice]. Moscow: Nedra, 135.



---

11. Davydov S.A., 1959. Kak borot'sya s ledokhodom [How to deal with ice drift]. Avtomobil'nye dorogi, № 10.

12. Avdeev F.A., Baron V.L., Gurov N.V., Kantor V.Kh., 1986. Normativnyi spra-vochnik po burovzryvnyim rabotam [Normative reference book on drilling and blasting operations]. Moscow: Nedra, 511 p.