

История техники и технологий

УДК 94(47)«1930/1940»

DOI 10.62139/2949-608X-2025-3-3-107-121

Разработка взрывных технологий разрушения льда для навигационных целей в 30-х годах прошлого века в СССР

Сазонов Кирилл Евгеньевич

Крыловский государственный научный центр, Санкт-Петербург, Россия

Использовать взрывчатые вещества для борьбы со льдом в обеспечение мореплавания было предложено еще М.В. Ломоносовым. На практике использование взрывчатых веществ в Арктике началось лишь во второй половине XIX в. Наиболее актуально вопрос о применении взрывных технологий в арктических плаваниях встал в конце 20-х – начале 30-х гг. прошлого века. Важную роль в развитии этих технологий сыграло возникновение интереса к новому взрывчатому веществу – термиту. Исследование термита в 1930 г. в Арктике показало его непригодность, но позволило «открыть» высокую эффективность аммонита и аммонала. В последующие пять лет в рекордно короткие сроки была в общих чертах разработана методика применения этих взрывчатых веществ в условиях Арктики.

Ключевые слова: термит, аммонит, аммонал, ледовые сжатия, ледовый плен, В.В. Шулейкин

Цитирование: Сазонов К.Е. Разработка взрывных технологий разрушения льда для навигационных целей в тридцатых годах прошлого века в СССР // Журнал Российского национального комитета по истории и философии науки и техники. 2025. Т. 3, вып. 3. С. 107–121.

Development of Explosive Ice Breaking Technology for Navigation Purposes in the USSR in the 1930s

Kirill E. Sazonov

Krylov State Research Centre, St. Petersburg, Russia

Using explosive substances for ice breaking to ensure navigation was suggested way back by M.V. Lomonosov. Practical application of explosives in the Arctic began only in

the second half of the 19th century. The use of explosives in the Arctic navigation became an important issue in the late 1920s/early 1930s. The emergence of interest in a new explosive substance, thermite, played an important role in the development of these technologies. A study of thermite in the Arctic in 1930 demonstrated its unsuitability for the purpose but prompted the elucidation of high efficiency of ammonite and ammonal. In the next five years, in record time, a methodology for using these explosives in the Arctic was developed in general terms.

Keywords: thermite, ammonite, ammonal, ice pressure, icebound, V.V. Shuleikin

До появления ледоколов перед людьми неоднократно возникала задача разрушения льда на различных акваториях и прокладки в нем каналов. Успешный опыт применения взрывчатых веществ (ВВ) в горном деле способствовал попыткам их применения для борьбы со льдом. Неизвестно, насколько часто до начала XX в. применялись взрывные работы при плавании судов во льдах. Некоторую информацию об этом дают описания полярных плаваний (Гордеев, 1938).

Одна из первых попыток применения ВВ для борьбы со льдом была предпринята экспедицией на судне «Тегеттгоф» в 1872 г. Участники этой экспедиции неудачно пытались взорвать черным порохом ледяное поле, препятствующее движению судна. В экспедиции Де Лонга в 1879 г. безуспешно пытались взорвать торпеду для снижения ледовой нагрузки на корпус при ледовых сжатиях. Ни бикфордов шнур, ни собранная из неизолированной медной проволоки электрическая цепь не могли подорвать заряд.

Большого успеха в использовании ВВ добились в экспедиции Ф. Нансена на «Фраме» в 1893–1895 гг. С их помощью О. Свердрупу удалось освободить «Фрам» из ледяного плена. Эффективно использовались взрывные работы Р. Амундсеном во время экспедиции на шхуне «Мод» в 1918–1920 гг. С помощью взрывов ему удалось освободить судно ото льда после первой зимовки у полуострова Таймыр.

Этим практически исчерпывается зафиксированный в литературе опыт применения ВВ при плаваниях во льдах. На самом деле, судоводители, по крайней мере, в первой четверти XX в., использовали взрывы для борьбы со льдом. Некоторые свидетельства приведены ниже. Планомерное изучение возможности применения ВВ началось в СССР с конца 20-х гг. в связи с возрастающим интересом к освоению Арктики.

Опыт использования взрывов ледяного покрова в дореволюционной России

В одной из заметок, посвященной арктическому мореплаванию, М.В. Ломоносов писал: «Для скорейшего и сильнейшего разбивания льда, уповаю я, что весьма служить будет порох таким образом, как рассекаются в рудокопных ямах каменные горы» (Ломоносов, 1989, с. 236). Далее он указывает, что для закладки зарядов в ледяной покров необходимо иметь на судне «буравы, подобные горным», а также готовые «патроны с фитилями», которые для предохранения от воздействия «мокроты» должны быть покрыты смолой.

Предложение М.В. Ломоносова не было реализовано по техническим причинам. Идея же использования ВВ продолжала привлекать изобретателей, искавших способы борьбы с ледяным покровом. 21 марта (2 апреля) 1834 г. К.А. Шильдер произвел подрыв донной мины под ледяным покровом Обводного канала в Петербурге (Мазинг, 1989, с. 61–63). Он не ставил задачи изучения разрушения льда с помощью взрывов, так как его интересовала возможность использования донных мин в военном деле. Но демонстрация разрушения пресноводного льда толщиной в 1 аршин (1 аршин = 71,12 см) двумя пороховыми минами в 80 и 120 фунтов (1 фунт = 0,454 кг) показала перспективность борьбы со льдом с помощью ВВ.

Разрушение ледяного покрова с помощью пороховых мин предполагалось в проекте ледокола, предназначенного для связи Кронштадта с материком, который был представлен полковником Н.Л. Эйлером (Эйлер, 1865, с. 100–102). Он предложил на железном судне установить семь кранов и с их помощью сбрасывать на лед чугунные «тяжести», которые должны были разбивать его на мелкие куски. Также он предлагал снабдить ледокол двумя механическими устройствами для выдвигания подводных мин. Натурные испытания канонерской лодки «Опыт», оборудованной в соответствии с предложением Н.Л. Эйлера, закончились неудачей.

В работе Н.Л. Эйлера (Эйлер, 1865, с. 103) содержится описание его опытов по разрушению взрывом весеннего ледяного покрова «средней крепости» толщиной 1 фут и 3 дюйма (примерно 38 см). Было проведено три взрыва пороховых зарядов, вес которых был 1/2, 1 и 2 фунта. Заряды укреплялись на длинном шесте и через лунку во льду подводились под лед. Подрыв осуществлялся с помощью гальванической батареи. При взрыве слабого заряда пробойны во льду не образовалось, появились лишь трещины в разных направлениях на расстоянии 2 и 3 сажен (1 сажень = 213,36 см) от точки взрыва. Фунтовый заряд образовал пробойну диаметром 1 фут 9 дюймов и растрескивание льда на большей площади. Самый мощный заряд создал полынью диаметром примерно 9 футов. Полученные результаты удовлетворили Н.Л. Эйлера и дальнейшие исследования не проводились.

В 1874 г. в журнале «Морской сборник» была напечатана заметка (Н.Б., 1874) с описанием опыта применения динамита во Франции для борьбы с ледовыми затруднениями на реках. В ней изложены эффективные способы проведения взрывных работ, такие как укладка ВВ в канавки, выдолбленные во льду, или взрыв заряда на некоторой глубине подо льдом.

В более поздних российских публикациях сведения о применении ВВ практически отсутствуют, но в словаре Брокгауза и Ефрона в статье «Лед» содержится довольно подробное описание взрывных работ (Энциклопедический словарь, 1896). Также известно, что Д.И. Менделеев в своем проекте самостоятельной полярной экспедиции на ледоколе «Ермак» в 1902 г. планировал активно использовать взрыв для разрушения торосов и толстых льдов (Зубрева, Свердлов, 2009).

Можно предположить, что если взрывные технологии эпизодически применялись в мореплавании, то эффективность их была мала и не вызвала интереса у судоводителей. Аналогичная ситуация сложилась и на реках при борьбе с ледяными заторами. Так, в работе (Лохтин, 1906, с. 46), в которой приведены результаты изучения образования ледяных наносов и заторов на Неве, для борьбы с этими явлениями предлагаются очистка дна реки от подводных камней, водорослей и прочего, запрещение строительства мостов в Петербурге и применение ледоколов для разрушения заторов. Применение ВВ с этой целью не рассматривается.

По-видимому, активизация применения ВВ для навигационных нужд произошла в годы Первой мировой войны на Белом море из-за возросшего объема перевозок. К 1915 г. там была создана ледокольная флотилия, которая обеспечивала транспортные операции во льдах (Ануфриев, 1923). Тем не менее часто возникали случаи, когда суда оказывались запертыми льдами. Для их освобождения от ледового плена применялись ВВ. В работе (Морозов, 1921) описывается использование динамита на ледокольном пароходе типа «Айсланд» 30 ноября 1915 г. в Белом море при сильном сжатии. «У левого борта образовались торосы высотой до палубы, часть льда подбилась под пароход, который оказался целиком на льду. Ни взрывы льда, ни заведение на лед 4 перлиний¹, ни кренение за мачты талями не могли сдвинуть пароход с места и только когда динамитом сделали канал шириной равной ширине парохода, то удалось спустить его на воду боком» (Морозов, 1921, с. 61).

ВВ применялись и в полярной экспедиции пароходов «Таймыр» и «Вайгач» в 1910–1915 гг. При попадании «Вайгача» в зону ледовых сжатий при плавании к острову Врангеля в 1914 г. произошло заклинивание гребного винта льдиной. Для его освобождения «пробовали взорвать льдину. В шурф метровой глубины заложили 200-граммовый патрон, но он почему-то не взорвался. Тогда заложили целый килограмм. Взрыв оказался очень эффективным. Множество кусков льда упало на палубу. Однако льдина даже не треснула. На месте взрыва образовалась воронка и только. Два последующих взрыва двухкилограммовых патронов тоже ни к чему не привели» (Евгенов, Купецкий, 2013, с. 223–224).

Из этих примеров следует, что использование ВВ не имело под собой научной основы. Выбор величины заряда, способ его размещения на льду, средства обеспечения подрыва, все это определялось «на глаз» командой судна, что часто не приводило к желаемому результату.

История с термитом

После революции 1917 г. взрывные технологии продолжали применяться для борьбы с заторами на реках (Боговой, 1924; Советов, 1925), а также при плаваниях в арктических морях. Подтверждением служит работа Н.В. Морозова, в которой он указывает, что при плавании во льдах необходимо иметь «запас динамитных и пироксилиновых патронов для взрывания льда» (Морозов, 1921, с. 24).

¹ Перлинь – трос 10–15 см в окружности для буксировки и швартовки судов.

Интерес к применению ВВ для борьбы со льдом для обеспечения ледовых плаваний возник в конце 20-х гг. Этому способствовало несколько обстоятельств. Во-первых, в течение 20-х гг. происходило постепенное увеличение объема перевозок в арктических морях. Во-вторых, постоянно совершенствовались ВВ. Так, в 1917 г. в Австрии был создан аммонал². Третьим важным фактором стали опубликованные в 20-х гг. работы профессора Х. Барнеса³ (Барнес, 1934). В них описано успешное применение термита – порошкообразной взрывчатой смеси алюминия с оксидами различных металлов (обычно железа), которая при горении обладает высокой интенсивностью теплового лучеиспускания, – для борьбы с ледовыми затруднениями на реках.

Эта информация вызвала интерес в СССР. Энтузиастом применения термита выступил Л.М. Старокадомский⁴, который в декабре 1929 г. докладывал о термите на Правительственной комиссии по разработке пятилетнего плана научно-исследовательских работ в Арктике и опубликовал ряд материалов в печати (Старокадомский, 1930). В статье он подчеркивал, что «Борьба же с ледяными перемычками и нагромождениями льда с помощью различных взрывчатых веществ в сущности совершенно безрезультатна» (Старокадомский, 1930, с. 74). В приведенной цитате речь идет о динамите. Он считал, что с этой задачей легко справится термит.

Работы по изучению воздействия термита на лед были поручены Северо-Сибирским государственным акционерным обществом «Комсеверпуть» Государственному океанографическому институту (ГОИН) (РГАЭ. Ф. 8061 Оп. 1. Д. 50. Л. 3–3 об.). Эти исследования возглавил профессор В.В. Шулейкин. Изучение термита выполнялось в сотрудничестве с организацией, отвечающей за проведение взрывных работ в стране – «Взрывсельпромом»⁵. Для координации их совместных действий 23 апреля 1930 г. была создана Межведомственная термитная комиссия научно-исследовательского сектора Высшего совета народного хозяйства (Гордеев, 1938), которой на ГОИН было возложено научное руководство работами, а техническое их выполнение на «Взрывсельпром» (РГАЭ. Ф. 8061 Оп. 1. Д. 50. Л. 3). Было решено организовать экспедицию в Баренцево море в 1930 г. для изучения воздействия термита на морской лед.

² Аммонал – ВВ, представляющее смесь аммиачной селитры с тротилом и добавлением порошкообразного алюминия. Аммонит – смесь аммиачной селитры с взрывчатыми нитросоединениями. Эти ВВ близкие по своим свойствам использовались для разрушения льда. Иногда в публикациях их путают.

³ Говард Тернер Барнес (1873–1950) – американско-канадский физик, который специализировался в области калориметрии, электролитов, образования льда и ледотехники.

⁴ Леонид Михайлович Старокадомский (1875–1962) – русский врач, полярный исследователь, участник Гидрографической экспедиции в Северный Ледовитый океан на судах «Таймыр» и «Вайгач».

⁵ Постановлением СНК СССР № 176 от 17 февраля 1932 г. Наркоматом тяжелой промышленности на базе «Взрывсельпрома» образовано Всесоюзное объединение по производству взрывных работ «Союзвзрывпром».

Экспедиции предшествовало выполнение ГОИНОм и «Взрывсельпро-мом» ряда экспериментов. Группа В.В. Шулейкина занималась созданием термитных смесей, обладающих наибольшей интенсивностью теплового лучеиспускания. Рассматривалась обычная смесь, содержащая железную окалину, а также перекись марганца и марганцево-кислый калий. Эксперименты показали, что смеси, содержащие марганец, обладают лучшими характеристиками, перспективными представлялись смеси с перекисью марганца (Шулейкин, 1933). Опыты же, проведенные на натурном льду московских прудов, не дали существенных результатов. «Взрывсельпром» при участии Л.М. Старокадомского провел опыты на Софринской плотине, результаты которых подтвердили возможность использования термита для борьбы с ледяными заторами на реках. В ходе этих испытаний были выявлены технические трудности, связанные с обеспечением полного сгорания термитного заряда и предотвращения его преждевременного взрыва (РГАЭ. Ф. 8061. Оп. 1. Д. 51. Л. 67).

Рейс экспедиционного судна «Персей» для исследования термита и аммонала состоялся с 30 мая по 14 июня 1930 г. Экспедицией руководил В.В. Шулейкин. В нее входили представители ГОИН, «Взрывсельпрома», «Комсеверпути», а также Л.М. Старокадомский. Экспедиция происходила в условиях ранней весны, поэтому ледяной покров был сильно разрушен таянием. Тем не менее удалось выполнить три серии опытов. Результаты были обобщены в докладах В.В. Шулейкина и Г. Демидюка («Взрывсельпром») на заседаниях Бюро по изучению термита и аммонала⁶, а также в публикации В.В. Шулейкина.

В экспедиции изучалось воздействие термита на морской лед. Было исследовано влияние состава смеси термита на эффективность разрушения льда, а также технические аспекты проблемы: типы сосудов для упаковки термита, способы его поджигания, хранения и транспортировки. Данные экспериментов подтвердили выводы лабораторных исследований о наибольшей эффективности смеси с перекисью марганца. Эффект же воздействия термита на лед оказался существенно ниже ожидаемого. В.В. Шулейкин пишет «В случае сжигания термита в рыхлых торосистых массах, где лед переслоен водой, никакого действия термита не было. После сжигания термита в сухой компактной льдине, льдина дала трещину по всей толще, проходившую по диагонали. Это действие термита, как и в случаях, описанных Барнсом (на реках), сказалось, примерно, через двадцать часов после сжигания» (Шулейкин, 1933, с. 35).

Было также исследовано влияние термита на структуру льда, так как по теории Х. Барнеса он должен вызывать «разрыхление», предшествующее разрушению. Для этого были выполнены измерения прочности льда на изгиб и его пористости до и после воздействия термита. Опыты не показали какого-либо влияния термита на свойства льда, что вызвало сомнения в правильности теории Х. Барнеса.

⁶ Бюро по изучению термита и аммонала было создано при Методической комиссии Гидрометеорологического Комитета СССР 10 декабря 1930 г. В январе 1931 г. Бюро были переданы дела ранее созданной межведомственной Термитной комиссии (РГАЭ. Ф. 8061 Оп. 1. Д. 50. Л. 1, 12).

Для выяснения этого вопроса В.В. Шулейкиным в Москве были продолжены исследования термита. Было высказано предположение о двух возможных механизмах его действия на лед: вторичное замерзание воды в порах, образовавшейся под действием сжигаемого термита, и эффект раскалывания льда от быстрого неравномерного нагрева. В первом случае раскалывание происходит из-за увеличения объема льда при замерзании, во втором из-за распространения в нем температурных волн. Их наличие было подтверждено группой В.В. Шулейкина непосредственным измерением, при этом амплитуда волны достигала $2,5^{\circ}$. Результаты исследований позволили В.В. Шулейкину рекомендовать (Шулейкин, 1931, с. 39) использовать термит для борьбы с заторами на реках. О применении термита для разрушения морского льда в докладе на Бюро он высказался следующим образом: «Что касается применимости термита в рыхлом морском льду... здесь работать с термитом совершенно безнадежно...» (РГАЭ. Ф. 8061. Оп. 1. Д. 51. Л. 35, 34).

Термит пробовали применять в рейсе «Челюскина». Предполагалось его использовать для протаивания лунок во льду для опускания в них взрывчатки, но он оказался непригоден для этого (Гордеев, 1938, с. 190). Возможно, этот результат был получен из-за использования обычного термита, содержащего железную окалину, а также из-за того, что термит не был упакован в специальные емкости, а сжигался непосредственно на поверхности льда.

После неудачных опытов применения использование термита постепенно сошло на нет. Его не стали использовать даже для борьбы с заторами на реках. По нашему мнению, одной из важнейших причин отказа от термита стало его «отложенное» действие. Судя по всем опубликованным данным, эффект от его применения наступает не ранее чем через сутки.

Открытие аммонала

В статье В.В. Шулейкин пишет: «Совершенно неожиданные результаты дали в экспедиции опыты с аммоналом» (Шулейкин, 1931, с. 35). В письме в Термитную комиссию от 8 декабря 1930 г. руководство ГОИН отмечает: «Что касается аммонала, то на него ВЗРЫВСЕЛЬПРОМ, до экспедиции «Персея», тоже не возлагал особых надежд, так как обычные формулы для дозировки этого взрыввещества давали громадные цифры, коль скоро речь шла о взрывании толстых пластин льда» (РГАЭ. Ф. 8061. Оп. 1. Д. 50. Л. 3). Судя по всему, расчет веса заряда C определялся по эмпирической формуле $C = 0.85h^3$, где h – толщина льда в метрах. В этом же письме отмечается, что «Аммонал был взят на судно для двух целей: опытов по пробивке лунок во льду открытыми зарядами и для разведения льдин, которые, как предполагалось, будут разрыхлены термитом» (РГАЭ. Ф. 8061. Оп. 1. Д. 50. Л. 3).

Ко всеобщему удивлению применение аммонала к морским льдам показало его высокую эффективность. В.В. Шулейкин описывает два случая применения аммонала для разрушения торосистых образований общей

площадью 2000 и 2500 м² и максимальной толщиной 4 и 6 м. Для этого использовалось 13 и 23 кг ВВ, которое было погружено под воду на глубину 1,5 и 2 м. В обоих случаях торосы были разрушены на отдельные куски, которые не представляли опасности для судна. Проведенные опыты позволили взрывнику Ю. Рязанкину уменьшить коэффициент в эмпирической формуле с 0,85 до 0,21, в 4 раза снизив вес ВВ (Рязанкин, 1934). В.В. Шулейкин объяснял эффективность применения аммонала пониженной прочностью льда в торосах, которая по данным измерений в 12 раз была меньше пресного льда, а также меньшим его бризантным воздействием по сравнению с динамитом, что позволяет откалывать ото льда большие куски.

В докладе на Бюро 28 февраля 1931 г. представителя «Взрывсельпрома» Г. Демидюка изложена другая версия начала применения аммонала. Он указывает, что «... мы подали мысль использовать аммонал. Так как действие термита проявляется через сутки после сжигания термита, то нельзя ли ускорить этот процесс путем применения аммонала, если аммонал не в состоянии взять лед в обычном его состоянии, то не будет ли он в силе справиться со льдом через 1–2 часа после сжигания термита... Первый опыт показал, что аммонал вполне способен справиться с тем льдом, который был встречен в экспедиции «Персея»» (РГАЭ. Ф. 8061. Оп. 1. Д. 51. Л. 52, 51).

Дальнейшие исследования применения аммонита в морских льдах «Взрывсельпром» выполнил в Карской экспедиции 1930 г. В докладе Г. Демидюк сообщает, что «эти опыты вполне подтвердили результат опытов экспедиции «Персея» и те капитаны, которые были участниками Карской экспедиции дали единодушный отзыв, что аммонал применим в этих условиях» (РГАЭ. Ф. 8061. Оп. 1. Д. 51. Л. 51). Отчет о взрывных работах в этой экспедиции был опубликован в работе (Рязанкин, 1934). Из нее следует, что в качестве ВВ применялся аммонит. Взрывные работы в экспедиции проводились в экспериментальном порядке во время остановок ледокола «Ленин». Результаты показали эффективность применения аммонита в торосистых льдах. Все это позволило понизить коэффициент в эмпирической формуле до 0,18. Ю. Рязанкин приводит мнение руководителя экспедиции Н.И. Евгенова и капитана В.Г. Шибинского о возможности практического применения аммонита. В докладе Г. Демидюка есть указание, что в 1930 г. аммонал применялся еще в «экспедиции Шмидта⁷». «Аммонал применялся в таких трудных условиях, когда ледокол не мог выбраться своими средствами и здесь, судя по телеграммам Шмидта, аммонал оказал существенную поддержку» (РГАЭ. Ф. 8061. Оп. 1. Д. 51. Л. 51).

Общее мнение о применении аммоналов было высказано в докладе руководителя «Взрывсельпрома» И.А. Александрова на Бюро 28 февраля 1931 г.: «Вопрос о применении аммоналов д/взрывных работ во льдах считается разрешенным после проведения опытов в Северном море на

⁷ Речь, по-видимому, идет об экспедиции под руководством О.Ю. Шмидта на ледокольном пароходе «Г. Седов» на Землю Франца-Иосифа и Северную Землю в июле – сентябре 1930 г.

судне «Персей» и в Карской экспедиции». (РГАЭ. Ф. 8061. Оп. 1. Д. 51. Л. 22). Это же мнение пропагандировалось в популярных изданиях. В сборнике «Новости техники» в 1934 г. была опубликована статья Разживина, в которой приводятся результаты успешных экспериментов и делается вывод что аммонит «... может оказать большую пользу ледоколу в его борьбе со льдом» (Разживин, 1934, с. 17).

Аммонал и аммонит применялись и продолжали исследоваться в экспедициях «Сибирякова» в 1932 г. (Малер, 1934), «Челюскина» 1933–1934 гг. (Гордеев, 1938), «Садко» 1934 г. (Черногузов, 1935) и др.

Разработка методики применения ВВ в Арктике

После принятия решения о применении аммонала и аммонита для борьбы со льдом при плавании судов насущной проблемой стала разработка методики применения этих ВВ. Проблема имела ряд аспектов: технический (подбор оболочек для зарядов, определение способов подрыва ВВ, методы перевозки и хранения ВВ на судне), методический (выбор величины заряда, его размещение в ледяном покрове, расположение зарядов в данной ледовой обстановке) и организационный (обучение экипажей работе с ВВ). Указанные вопросы разрабатывались специалистами «Союзвзрывпрома».

Одной из первых работ, уделившей внимание методике, является статья Б.Ф.Ю. Малера (Малер, 1934), осуществлявшего взрывные работы в рейсе «Сибирякова». В экспедиции эти работы выполнялись в разнообразных ледовых условиях, что позволило автору предложить ряд рекомендаций для типичных случаев: разрушение торосов и освобождение судна, затертого льдами. В первом случае он рекомендует предварительно небольшими зарядами (≈ 15 кг) проделывать воронки для опускания основного заряда, располагаемого под нижней поверхностью льда. Б.Ф.Ю. Малер приводит таблицу величины основного заряда от толщины льда. Он указывает, что «... кругом воронки образуются трещины, и торос становится проходимым для ледокола» (Малер, 1934, с. 55).

В другом случае Б.Ф.Ю. Малер предлагает наметить путь выхода судна из ледового плена. Этот путь является средней линией для расположения зарядов (рис. 1). Автор подчеркивает, что

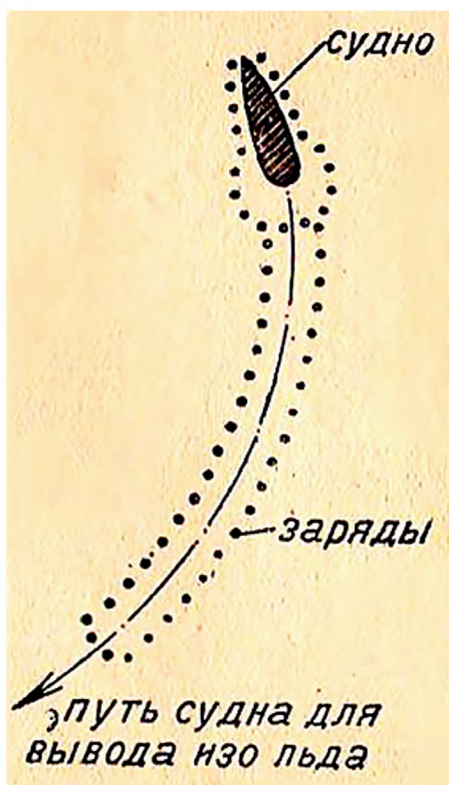


Рис. 1. Расположение зарядов для освобождения судна из ледового плена.

Источник: Малер, 1934, с. 56

близко к корме судна взрывы проводить не следует, так как можно повредить или заклинить винт обломками льда. Б.Ф.Ю. Малер отмечает, что взрыв 4 кг ВВ на расстоянии 5 м от борта не опасен для корпуса. Для определения веса зарядов в статье приводится таблица, в которой он представлен в зависимости от толщины льда и глубины погружения ВВ от поверхности льда.

Б.Ф.Ю. Малер первым поднял вопрос об организации взрывных работ на судне. Он пишет: «Поэтому своевременно поставить вопрос перед соответствующими инстанциями об обязательном: 1) прохождении курса взрывного дела капитанами, штурманами и механиками ледового плавания, 2) обучении взрывному делу боцманов, матросов 1-го и 2-го класса, 3) снабжении кораблей ледового плавания запасом стандартизованных зарядов взрыввеществ, с оборудованием на кораблях мест хранения и зарядки и с возложением ответственности за хранение взрывприпасов на одного из штурманов» (Малер, 1934, с. 57).

Важной работой, где были сформулированы методические указания по производству взрывных работ в полярных льдах, является статья Н.Г. Черногубова, инженера научно-экспериментального сектора Союзвзрывпрома, написанная по результатам экспедиции 1934 г. на ледокольном пароходе «Садко» (Черногубов, 1935). Особенностью выполнения взрывных работ в этой экспедиции была их изначальная направленность на создание методики: «Научно-экспериментальный сектор Союзвзрывпрома принял на себя научно-исследовательские работы по взрыванию льдов на пути следования л/п «Садко» и изучение действия льдов на корпус судна, имея конечной целью разработку методики взрывных работ в условиях полярных плаваний» (Черногубов, 1935, с. 207).

На «Садко» взрывные работы проводились достаточно часто в разнообразных ледовых условиях, что способствовало созданию методики. В статье содержатся описания применения ВВ на «Садко» и ледоколе «Ермак», на который пересела группа взрывотехников. Эти описания стали эталонными и неоднократно использовались в других работах. На *рис. 2* приведена схема применения ВВ по разрушению ледяной перемычки. Перемычка была разрушена в два этапа: на первом крупными зарядами было разрушено основное тело перемычки, а на втором уменьшенными зарядами остаток ледяного поля у носа судна.

В экспедиции на «Садко» принимал участие корабель Н.П. Шандриков, который изучал ледовую прочность корпуса. Им с помощью тенсометра⁸ были измерены реакции корпуса, возникающие при взрывах (Шандриков, 1935). Наибольшие напряжения – 775 кг/см^2 были зафиксированы при взрыве заряда 0,9 кг на расстоянии 6 м от борта. Во всех других случаях напряжения были меньше. Н.П. Шандриков, делает вывод, что «... для корпуса не опасны уже взрывы зарядов аммонала до 8 кг весом на расстоянии около 15 м от борта судна. Более увеличенные заряды требуют и большего расстояния» (Шандриков, 1935, с. 187–189). Н.Г. Черногубов в

⁸ Тенсометр – прибор для косвенного измерения напряжений в конструкциях.

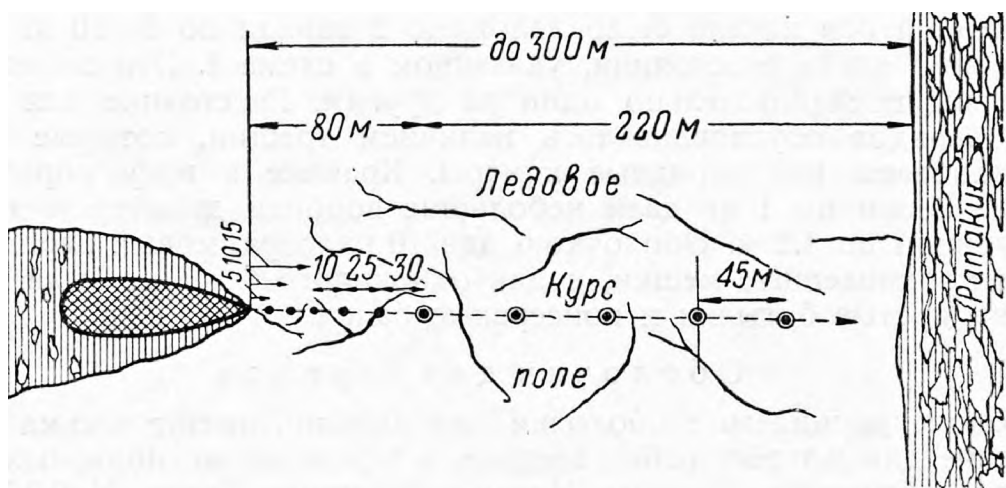


Рис. 2. Схема взрыва ледяной перемычки. Точками указано расположение зарядов. Размер точки указывает на вес заряда.

Источник: Черногузов, 1935, с. 211

методических указаниях приводит таблицу соотношения величины зарядов и их расстояния от корпуса судна.

Большую ценность представляют методические указания Н.Г. Черногузова для типичных случаев проведения взрывных работ. В их число вошли освобождение застрявшего во льдах судна, образование проходов в гладких и торосистых ледяных полях и разрушение ледяных перемычек, образование проходов для судов в материковых припаях для погрузочно-разгрузочных операций, освобождение судов из ледяных заторов и вывод из льда после зимовки, образование и поддержание майн вокруг корпуса судна во время стоянок и охрана судов от сжатия льдов. Для всех перечисленных случаев даны рекомендации по размещению зарядов, их величине, расстоянию между ними и корпусом судна.

Последней из значимых для разработки технологий взрывных работ в Арктике стала статья В.К. Гордеева (Гордеев, 1938). В ней описаны взрывные работы, выполненные на пароходе «Челюскин» в 1933–1934 гг. К моменту опубликования статьи были хорошо известны случаи успешного применения ВВ для борьбы со льдом, описанные другими авторами. Статья В.К. Гордеева представляет определенный интерес, так как автор описывает и критикует ранее выполненные работы и предпринимает попытку создания собственной методики.

Критика В.К. Гордеева направлена на неправильное, по его мнению, использование эмпирической формулы для определения веса заряда. На примерах он показывает, что принятые его оппонентами численные коэффициенты ошибочны. Здесь, по мнению автора этой статьи, В.К. Гордеев сам совершает некоторую ошибку. Дело в том, что эмпирическая формула использовалась двояко. В ней в качестве параметра h могли использовать толщину разрушаемого льда или глубину погружения заряда под

поверхность льда. При анализе В.К. Гордеев часто неправильно интерпретирует значения параметра, поэтому и получает несуразные значения коэффициента. В конце разбора он пишет, что в литературе имеются разрозненные данные, «поэтому... методику взрывания мне приходилось выработать в процессе самой работы... Естественно, что этот накопленный опыт и выработанная мною методика по взрыванию льда при том общем состоянии вопроса, в котором они находятся в настоящее время, могут и должны быть использованы, расширены и углублены в дальнейшей работе как специалистами-подрывниками, так и судоводителями...» (Гордеев, 1938, с. 217).

Изложение методики, как у Н.Г. Черногубова, в статье отсутствует. Автор описывает различные случаи разрушения льда взрывом, давая отдельные рекомендации. Часто они во многом совпадают тем, что сформулировали критикуемые им авторы. Однако имеется и ряд новых предложений. В.К. Гордеев для повышения эффективности взрыва в сплоченных битых льдах предлагает проводить их только в пределах определенных секторов по носу судна. «Наивыгоднейшие секторы для таких типов судна, как «Челюскин», колеблются между 15 и 60° по обе стороны от курса парохода» (Гордеев, 1938, с. 217).

По мнению В.К. Гордеева при проведении взрывов необходимо учитывать напряженное состояние ледяного покрова. «Взрывание дрейфующего льда для создания в нем трещин и разводий связано с учетом напряжений, которые в данное время испытывает ледяной покров. Без знания таковых взрывание льда является бесполезным» (Гордеев, 1938, с. 242). Для этого необходимо знать не сами напряжения, а направление действия усилий. Для его определения им было предложено простое устройство, которое, однако, применимо только в случае, если судно неподвижно. Если направление действия сжатия известно, то В.К. Гордеев рекомендует проводить взрывы «перпендикулярно этой линии напряжений, чтобы получить по этой линии трещину, каковая может разойтись...» (Гордеев, 1938, с. 242). В.К. Гордеев также предложил свой вид эмпирической формулы для определения веса заряда.

При применении ВВ возникал целый ряд чисто технических задач, которые были указаны выше. Все авторы, писавшие об этом, формулировали примерно одинаковые требования. В качестве примера технической проблемы рассмотрим задачу создания во льду лунок для размещения зарядов.

Основным инструментом приготовления лунок была пешня. Пробивание ей сквозного отверстия или приготовление камеры для размещения заряда было весьма трудоемким делом. Часто для закладки ВВ использовались естественные трещины и углубления в ледяном покрове, что не позволяло проводить подрыв в оптимальном для этого месте. Поэтому для приготовления лунок всегда стремились использовать ВВ. В экспедиции «Персея» аммонал был взят именно с этой целью. Затем для приготовления лунок предполагалось использовать термит. Но в экспедиции «Сибирякова» им не смогли воспользоваться, а на «Челюскине» его применение не дало результата.

Подробно процесс изготовления камеры для размещения ВВ описал Н.Г. Черногубов: «Сначала проделывается во льду небольшое углубление, в которое закладывается небольшой заряд (300–400 г), заключенный или в бутылку или в консервную банку. После взрыва образуется воронка, глубиной 1–1.5 м, в зависимости от крепости льда. <...> Если по условиям работы нужно получить зарядную камеру более глубокую (до 3 м), в полученной воронке на дне ее взрывают заряд величиною 700–800 г, после чего воронка еще более углубляется. Обычно 2–3 повторных взрыва пробивают толщу льда в 2–2.5 м. Такая зарядная камера пригодна для размещения основного заряда» (Черногубов, 1935, с. 211).

Н.Г. Черногубов указывает на необходимость создания станка для бурения льда на глубину до 5–8 м. В 1935 г. опубликована заметка В.К. Гордеева (Гордеев, 1935) о буре, созданном в Ледотехническом бюро Всесоюзного арктического института. Этот бур с диаметром больше 100 мм мог создавать отверстия во льду толщиной 2–3 м за 1–2 минуты. Вес бурового станка составлял 40–60 кг. К месту бурения он доставлялся в разобранном виде, сборка занимала несколько минут. В заметке не указано, какой привод был использован для бура, но отмечено, что он допускает бурение вручную. В заметке говорится о работе над созданием бура с диаметром 200–250 мм, что соответствует размеру заряда. Другой информации о создании буровой техники обнаружить не удалось, по-видимому, в рассматриваемый период работоспособный буровой станок для взрывных работ не был создан.

Заключение

Подводя итог, можно сделать вывод, что в начале 30-х гг. в СССР была разработана технология проведения взрывных работ для обеспечения плаваний судов во льдах, включающая методический, технический и организационный аспекты. Эта технология создавалась удивительно быстро. Во время дрейфа парохода «Седов» в 1937–1940 гг. активно применялись взрывные работы для защиты судна от ледовых сжатий. Однако в своих воспоминаниях участники этих событий упоминают о них как о чем-то обычном и не заслуживающем внимания (Двадцать семь месяцев, 1940).

Во многом быстрота развития технологии обуславливалась «открытием» аммонала и аммонита как эффективного и удобного ВВ в условиях Арктики. Этому помогло временное «увлечение» термитом. Основная заслуга в развитии технологии принадлежит специалистам Союзвзрывпрома, которые не только выполнили основные исследования по методологическому и техническому обеспечению взрывных работ во льдах, но и способствовали решению организационных вопросов, обучая экипажи судов взрывному делу.

Впоследствии с увеличением мощности ледоколов роль взрывных технологий стала снижаться. В настоящее время они практически не применяются.

Источники и литература

1. Ануфриев И.П. О ледокольном флоте // Северное хозяйство. 1923. № 7. С. 52–54.
2. Барнес Х. Ледотехника. Л.; М.: Государственное энергетическое издательство, 1934. 200 с.
3. Боговой И. Ледоход на Северной Двине в 1923–1924 г. и некоторые выводы // Северное хозяйство. 1924. № 7. С. 51–67.
4. Гордеев В.К. Значение бурения льда для применения взрывной техники // Бюллетень Арктического института. 1935. № 11. С. 377–378.
5. Гордеев В.К. Взрывные работы во льдах, произведенные экспедицией на «Челюскине» // Научные результаты работ экспедиции на «Челюскине» и в лагере Шмидта. Т. II. Л.: Изд-во Главсевморпути. 1938. С. 189–243.
6. Двадцать семь месяцев на дрейфующем корабле «Георгий Седов». М.; Л.: Изд-во Главсевморпути, 1940. 352 с.
7. Евгенов Н.И., Купецкий В.Н. Полярная экспедиция на ледоколах «Таймыр» и «Вайгач» в 1910–1915 годах. СПб.: Географ, 2013. 312 с.
8. Зубрева М.Ю., Свердлов Л.М. Предмет, достойный времени и России. Д.И. Менделеев и Русская Арктика // Природа. 2009. № 1. С. 67–72.
9. Ломоносов М.В. О приуготовлении к мореплаванию Сибирским океаном // Колумбы земли русской: Сборник / Сост. К. Цеханская. Хабаровск: Кн. изд-во, 1989. С. 233–237.
10. Лохтин В. Ледяной нанос и зимние заторы на р. Неве. СПб.: Упр. внутр. вод. путей и шос. дорог, 1906. 85 с. (Материалы для описания русских рек и истории улучшения их судоходных условий: вып. 10).
11. Мазинг Г.Ю. Карл Андреевич Шильдер. 1785–1854. М.: Наука, 1989. 128 с.
12. Малер Б.Ф.Ю. Взрывные работы экспедиции «Сибирякова» в 1932 г. // Взрывное дело. 1934. 9 (17). С. 43–57.
13. Морозов Н.В. Руководство для плавания во льдах Белого моря. Пг.: Государственное изд-во Отдела военной литературы Р.В.С.Р., 1921. 69 с.
14. Н.Б. Употребление динамита для разбивания льда // Морской сборник. 1874. Т. СXLV, № 10. С. 37–42.
15. Разживин. Аммонит в Арктике // Новости техники. 1934. № 56–57. С. 17–18.
16. Российский государственный архив экономики (РГАЭ). Ф. 8061 Оп. 1. Д. 50.
17. РГАЭ. Ф. 8061. Оп. 1. Д. 51.
18. Рязанкин Ю. Аммониты в Карской экспедиции 1930 года // Взрывное дело. 1934. 9 (17). С. 35–42.
19. Советов С.А. Наводнения от ледяных заторов и донного льда // Ленинград в борьбе с наводнением. Л.: Ленингр. комендантское упр., 1925. С. 171–181.
20. Старокадомский Л.М. Термит – новое средство борьбы с ледяными перемерзками и нагромождениями льда во время плавания судов в полярных водах // Записки по гидрографии. 1930. Т. 59. С. 73–76.
21. Черногубов Н.Г. Технический отчет по взрывным работам во льдах Арктики // «Садко» под советским флагом. Л.: Изд-во Главсевморпути, 1935. С. 207–232.
22. Шандриков Н.П. Наблюдения по кораблестроительной части на л/п «Садко» во время экспедиции 1934 г. // «Садко» под советским флагом. Л.: Изд-во Главсевморпути, 1935. С. 151–206.
23. Шулейкин В.В. Термит и аммонал, как средства борьбы со льдом // Труды Государственного океанографического института. 1933. Т. II, вып. 3. С. 30–40.
24. Эйлер Н. Морской ледокол // Морской сборник. 1865. Т. LXXXI, № 11. С. 99–110.
25. Энциклопедический словарь. Т. 17. Култагой – Лед. СПб.: Брокгауз – Ефрон, 1896. 483 с.

References

1. Anufriev, Ivan P. "O ledokol'nom flote." *Severnoe khozyaistvo*, no. 7, 1923, pp. 52–54.
2. Barnes, Howard T. *Ledotekhnika*. Gosudarstvennoe energeticheskoe izdatel'stvo, 1934.
3. Bogovoi, Ivan. "Ledokhod na Severnoi Dvine v 1923–1924 g. i nekotorye vyvody." *Severnoe khozyaistvo*, no. 7, 1924, pp. 51–67.

4. Gordeev, Vasilii K. "Znachenie bureniya l'da dlya primeneniya vzryvnoi tekhniki." *Byulleten' Arkticheskogo instituta*, no. 11, 1935, pp. 377–378.
5. Gordeev, Vasilii K. "Vzryvnye raboty vo l'dakh, proizvedennye ekspeditsiei na 'Chelyuskine'." *Nauchnye rezul'taty rabot ekspeditsii na "Chelyuskine" i v lagere Shmidta*, vol. II, Izd-vo Glavsevmorputi, 1938, pp. 189–243.
6. *Dvadtsat' sem' mesyatsev na dreifuyushchem korable "Georgii Sedov"*. Izd-vo Glavsevmorputi, 1940.
7. Evgenov, Nikolai I. and Valerii N. Kupetskii. *Polyarnaya ekspeditsiya na ledokolakh "Taimyr" i «Vaigach» v 1910–1915 godakh*. GeoGraf, 2013.
8. Zubreva, Marina Yu. and Leonid M. Sverdlov. "Predmet, dostoinyi vremeni i Rossii. D.I. Mendeleev i Russkaya Arktika." *Priroda*, no. 1, 2009, pp. 67–72.
9. Lomonosov, Mikhail V. "O priugotovlenii k moreplavaniyu Sibirskim okeanom." *Kolumby zemli russkoi: Sbornik*, Ed. by K. Tsekhanskaya, Kn. izd-vo, 1989, pp. 233–237.
10. Lokhtin, Vladimir. *Ledyanoi nanos i zimnie zatory na r. Neve*. Upr. vnutr. vod. putei i shos. dorog, 1906.
11. Mazing, Georgii Yu. *Karl Andreevich Shil'der. 1785–1854*. Nauka, 1989.
12. Maler, Benno-Fridrikh Yu. "Vzryvnye raboty ekspeditsii «Sibiryakova» v 1932 g." *Vzryvnoe delo*, no. 9 (17), 1934, pp. 43–57.
13. Morozov, Nikolai V. *Rukovodstvo dlya plavaniya vo l'dakh Belogo morya*. Gosudarstvennoe izd-vo Otdela voennoi literatury R.V.S.R., 1921.
14. N.B. "Upotreblenie dinamita dlya razbivaniya l'da." *Morskoi sbornik*, vol. CXLV, no. 10, 1874, pp. 37–42.
15. Razzhivin. "Ammonit v Arktike." *Novosti tekhniki*, no. № 56–57, 1934, pp. 17–18.
16. Rossiiskii gosudarstvennyi arkhiv ekonomiki (RGAE). F. 8061 Op. 1. D. 50.
17. RGAE. F. 8061. Op. 1. D. 51.
18. Ryazankin, Yu. "Ammonity v Karskoi ekspeditsii 1930 goda." *Vzryvnoe delo*, no. 9 (17), 1934, pp. 35–42.
19. Sovetov, Sergei A. "Navodneniya ot ledyanykh zatorov i donnogo l'da." *Leningrad v bor'be s navodneniem*, Leningr. komendantskoe upr., 1925, pp. 171–181.
20. Starokadomskii, Leonid M. "Termit – novoe sredstvo bor'by s ledyanymi peremychkami i nagromozhdeniyami l'da vo vremya plavaniya sudov v polyarnykh vodakh." *Zapiski po gidrografii*, vol. 59, 1930, pp. 73–76.
21. Chernogubov, Nikolai G. "Tekhnicheskii otchet po vzryvnym rabotam vo l'dakh Arktiki." *"Sadko" pod sovetским flagom*, Izd-vo Glavsevmorputi, 1935, pp. 207–232.
22. Shandrikov, Nikolai P. "Nablyudeniya po korablestroitel'noi chasti na l/p 'Sadko' vo vremya ekspeditsii 1934 g." *"Sadko" pod sovetским flagom*, Izd-vo Glavsevmorputi, 1935, pp. 151–206.
23. Shuleikin, Vasilii V. "Termit i ammonal, kak sredstva bor'by so l'dom." *Trudy Gosudarstvennogo okeanograficheskogo instituta*, vol. II, Iss. 3, 1933, pp. 30–40.
24. Eiler, Nikolai. "Morskoi ledokol." *Morskoi sbornik*, vol. LXXXI, no. 11, 1865, pp. 99–110.
25. *Entsiklopedicheskii slovar'. T. 17. Kul'tagoi – Led*. Brockhaus and Efron, 1896.

Сведения об авторе

Сазонов Кирилл Евгеньевич, доктор технических наук, начальник лаборатории ФГУП «Крыловский государственный научный центр»;
e-mail: kirsaz@rambler.ru. ORCID 0000-0003-3364-1309

Дата поступления статьи: 17.07.2024

Одобрено: 15.06.2025

Дата публикации: 05.11.2025