

УДК 622.235. 5: 622.32

© Р.З. Камалян, С.Р. Камалян, Н.С. Нестерова, 2024

**Р.З. КАМАЛЯН**

д-р техн. наук, проф.,  
профессор кафедры  
Российский университет кооперации,  
г. Краснодар  
e-mail: kasarub@gmail.com

**С.Р. КАМАЛЯН**

канд. физ.мат. наук  
зав. отделом Южного межрегионального управление охраны ПАО «Газпром»,  
г. Краснодар  
e-mail: kasarub@gmail.com

**Н.С. НЕСТЕРОВА**

канд. техн. наук  
доцент кафедры  
ИМСИТ, г. Краснодар  
e-mail: nnnnnnn46@mail.ru

## О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ ИГДАНИТА И РЕЗУЛЬТАТАХ ВЗРЫВОВ НА ВЫБРОС В МЯГКИХ ГРУНТАХ

*Работа посвящена исследованию свойств взрывчатого вещества, представляющего собой смесь аммиачной селитры и солярового масла, получившего название игданит. По завершении лабораторных исследований были проведены полевые испытания.*

*Представлены некоторые эффекты, возникающие при взрывах на выброс.*

Ключевые слова: ИГДАНИТ, АММИАЧНАЯ СЕЛИТРА, СОЛЯРОВОЕ МАСЛО.

Важное значение при использовании взрывчатых веществ (ВВ) имеет степень чувствительности их к внешнему воздействию.

В практике взрывных работ высокочувствительные ВВ не используются. Достаточно удачным решением проблемы стало использование во взрывной практике взрывчатых веществ типа игданитов — смеси солярового масла и аммиачной селитры (АС).

Сначала они использовались в горном деле [1], а затем и при строительстве каналов взрывом на выброс в мягких грунтах [2].

Эффективность взрывов на выброс в мягких грунтах во многом предопределяется физико-химическими свойствами ВВ и физико-механическими свойствами

грунтов. Касательно игданита, при прочих равных условиях, необходимо обеспечение более равномерного распределения солярового масла по поверхности гранул селитры.

В связи с тем, что поставки аммиачной селитры осуществлялись с разных предприятий, было решено провести исследование очередной поставки по определению физико-химических характеристик селитры, оптимального содержания солярового масла в игданите и эффективности его применения при взрыве на выброс в мягких грунтах [3]. При этом предусматривалось определение гранулометрического состава аммиачной селитры, естественной влажности, степени поглощения селитрой солярового масла

в процентах, характера растекания масла в аммиачной селитре.

Грансостав и естественная влажность определяли согласно ГОСТу [3].

Для исследования капиллярного свойства в стеклянный мерный цилиндр диаметром 44,5 мм с сетчатым дном помещали 300 гр аммиачной селитры. Цилиндр с селитрой опускали на глубину 1,5 см в сосуд с соляровым маслом. Для наглядности соляровое масло подкрашивали ультрамарином. Через установленное время определяли и записывали уровень поднятия солярового масла. Опыты проводили несколько раз.

Для установления степени поглощения селитрой солярового масла навеску селитры помещали в цилиндр и заливали соляровым маслом (или погружали в масло). Степень поглощения (удерживающая способность) определяли по разности весов навески до

и после опыта. Испытания осуществляли при естественной влажности и после высушивания селитры.

Чтобы установить, как происходит смешивания солярового масла с селитрой в зарядной выработке (характер растекания) четырехугольную прозрачную посуду заполняли аммиачной селитрой определенного веса. Затем соляровое масло (5 % от веса селитры) заливали по одной линии вдоль продольной оси посуды. Через каждые 2–3 часа записывали процесс распространения солярового масла по поперечному сечению, которое предварительно подкрашивали. Опыты проводили с разной влажностью селитры. Результаты исследований приведены в таблицах.

По результатам таблицы построена зависимость высоты поднятия солярового масла в аммиачной селитре от времени (рис. 1).

Грансостав аммиачной селитрой

Таблица 1

N	Вес, г	Гранулы, мм						Σ
		3-2	2-1	1-0,5	0,5– 0,25	0,25 – 0,1	0,1	
1	100	0,33	47,47	51,37	5,29	0,97	0,54	99,97
2	100	0,55	39,97	57,71	1,61	0,06	0,04	99,94
3	100	0,23	47,9	50,05	1,64	0,10	0,04	99,96
Сред	100	0,37	43,11	53,04	2,85	0,38	0,21	99,96

Физические характеристики аммиачной селитры

Таблица 2

Объемный вес при естественном состоянии	Объемный вес при уплотнении	Угол естественного откоса
0,91	0,95	25
0,92	0,97	25

Естественная влажность аммиачной селитры

Таблица 3

Навески аммиачной селитры при естественной влажности, г	Навески после высушивания*, г	Разность или вес влаги, г	% влажности к весу
23,02	22,97	0,05	0,22
15,44	15,40	0,04	0,26
35,17	35,10	0,07	0,20
22,55	22,49	0,06	0,22

\* Аммиачную селитру высушивали в течение пяти часов при 105

Таблица 4  
Капиллярные свойства аммиачной селитры

Часы наблюдения	Капиллярное поднятие, мм
15 ч 00 мин	0 (момент загрузки)
15 ч 01 мин	15
15 ч 02 мин	17
15 ч 03 мин	20
15 ч 05 мин	20
15 ч 10 мин	20
15 ч 25 мин	25
15 ч 30 мин	15
15 ч 45 мин	25
16 ч 45 мин	25
18 ч 00 мин	25

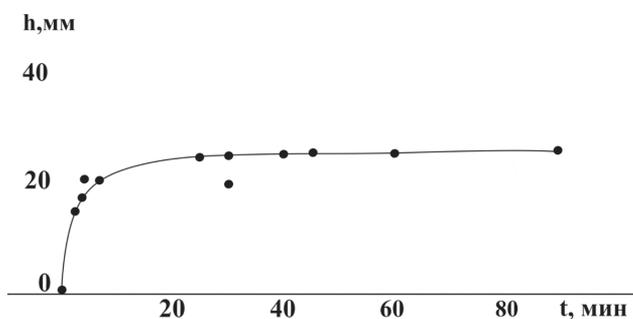


Рис. 1 Зависимость высоты поднятия солярового масла в аммиачной селитре от времени

Из графика видно, что максимальная высота подъема солярового масла 25 мм наступает через 40 минут.

Наблюдение за характером растекания солярового масла в аммиачной селитре осуществляли следующим образом. В стеклянный четырехгранный сосуд засыпали два килограмма аммиачной селитры естественной влажности и заливали двумястами граммами солярового масла по одной линии. После этого из сосуда снимали аммиачную селитру слоями толщиной 2,0–2,5 см.

Контур зоны смачивания был четко виден на поверхности каждого слоя и выдержан на всю глубину (не расширялся), местами соляровое масло даже не покрывало аммиачную селитру. Из этого можно сделать вывод, что соляровое масло по аммиачной селитре

стекает вниз вертикально без растекания в стороны и смачивает ее по сечению неравномерно.

Интерес представляет исследование сухих гранул аммиачной селитры после смачивания и после насыщения их подкрашенным соляровым маслом. В 87 раз увеличенная гранула аммиачной селитры под микроскопом МБС-1 представляет собой довольно пористое тело и имеет форму шара. Изменения, происходящие после высушивания в структуре и в оболочке гранулы, через микроскоп не просматриваются. Расколотые гранулы фракции диаметром 0,25 мм в основном пустотелые, некоторые гранулы состоят лишь из оболочки. Просматривались частички ультрамарина (красителя) во всей грануле. Из этого можно сделать вывод, что соляровое масло попадает во внутрь гранулы и смачивает внутреннюю поверхность.

Определение удерживающей способности селитры проводили следующим образом. Навеску селитры помещали в стеклянный цилиндр с сетчатым дном и заливали соляровым маслом (или погружали в соляровое масло). После его стекания в течение заданного времени проводили замеры. Удерживающую способность определяли по разности весов навески до и после опыта.

Испытанию подвергали аммиачную селитру естественной влажности и после высушивания (при 105 градусов в течение пяти часов). Цвет селитры естественной влажности — белый с матовым оттенком, высушенной селитры — белый.

Как показали эксперименты, при заливания маслом сверху без перемешивания в АС естественной влажности удерживается соляровое масло до 2,5 % из 10 %, в сухой селитре (высушенной при 108 градусах) — до 4,37 % из 10 %. При этом количество поглощенного масла зависит еще и от общего количества масла, которое заливается в АС. С уменьшением общего количества заливаемого масла до 3 %, уменьшается и количество поглощенного солярового масла до 1,8 %.

При полном насыщении АС соляровым маслом, то есть при погружении ее в масло, последнее удерживается в селитре естественной

влажности в среднем в количестве 4,5 %, в сухой селитре 7,7 %.

При перемешивании игданита в процессе приготовления в АС естественной влажности; количество поглощенного масла увеличивается до 5,5 % из 10 %.

Из этого можно сделать вывод, что на контакт горючего (масла) с аммиачной селитрой (окислителем) в игданитах оказывает влияние влажность селитры и способ смешивания. Также можно предположить, что в условиях приготовления игданита на трассе, фактический процент содержания солярового масла составляет не более 2,1–2,5 %. Из этого следует, что избыточное масло стекает вниз и собирается на дне выработки.

Целью экспериментов в полевых условиях являлись: определение оптимального содержания солярового масла в игданите для зарядов выброса; определение участия избыточного солярового масла в процессе взрыва.

Для сравнения заряды игданита располагали на дне выработки в целлофановой оболочке и без нее.

Подрывы зарядов осуществляли не раньше, чем через пять часов с момента зарядки, с целью дать возможность стеканию избыточного масла на дно выработки.

Оптимальное содержание солярового масла в игданите определяли по фактическому удельному расходу игданита на один кубический метр выброшенного грунта.

Участие избыточного масла во взрывном процессе определяли сравнением результатов взрыва игданита, уложенного в оболочке и без оболочки при одинаковом процентном содержании солярового масла.

Эксперименты проводили в степи в районе строительства магистрального канала. При этом предусматривалось взрывание игданитов с содержанием солярового масла три, пять, восемь процентов, то есть три, пять, восемь литров на 100 кг аммиачной селитры, что с учетом удельного веса солярового масла равного 0,84 г/см<sup>3</sup>, в процентах по весу составляет соответственно: 2,44 %, 4 % и 6,25 %.

Оптимальное содержание солярового масла определяли по фактическому удельному расходу игданита на один кубический метр

выброшенного из воронки грунта. При этом также ставили цель определить максимальную долю солярового масла, которая может принять участие во взрывном процессе смеси (игданита). Всего взорвано шесть зарядов: два из расчета три литра соляры на 100 кг АС; два из расчета пять литров на 100 кг АС и два из расчета восемь литров на 100 кг.

Для того, чтобы избыточное масло не уходило в грунт, игданит укладывали в зарядную выработку в мешках, а подрыв заряда осуществляли спустя один час с момента приготовления игданита.

Поперечное сечение одного из взрывов показано на рис. 2. Объем воронки 7,74 кубических метра, масса заряда 26,05 кг, содержание солярового масла 4 %.

По результатам экспериментов (сосредоточенных зарядов выброса) построен график зависимости фактического удельного расхода игданита от процента содержания солярового масла (рис. 3).

Как видно из графика, с увеличением содержания солярового масла в игданите от 2,44 % до 6,25 %, фактический удельный расход

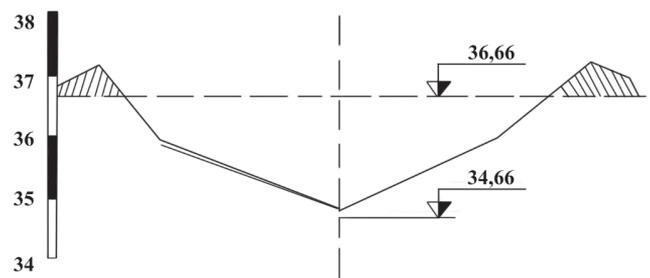


Рис. 2. Фактический профиль воронки выброса

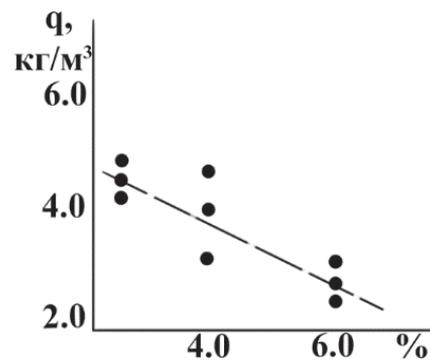


Рис. 3. Зависимость фактического удельного расхода игданита от процента содержания солярового масла

последнего на один кубический метр выброшенного грунта уменьшается от 4,6 кг/м<sup>3</sup> до 2,9 кг/м<sup>3</sup>.

Подчеркнем, что удерживающая способность влияет на критический диаметр заряда игданита [1].

На рис. 4 представлен график зависимости критического диаметра заряда игданита от удерживающей способности АС. Из графика видно, что все точки расположены практически на одной кривой. Следовательно, удерживающая способность селитры является одной из основных характеристик, которая определяет взрывчатые свойства игданитов.

В последующем игданит был использован при строительстве значительного числа коллекторов в мягких грунтах. На рис. 5 представлен график зависимости фактического

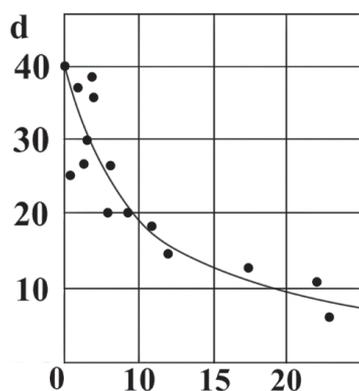


Рис. 4. Зависимость критического диаметра d (мм) заряда игданита от удерживающей способности АС (г/100г)

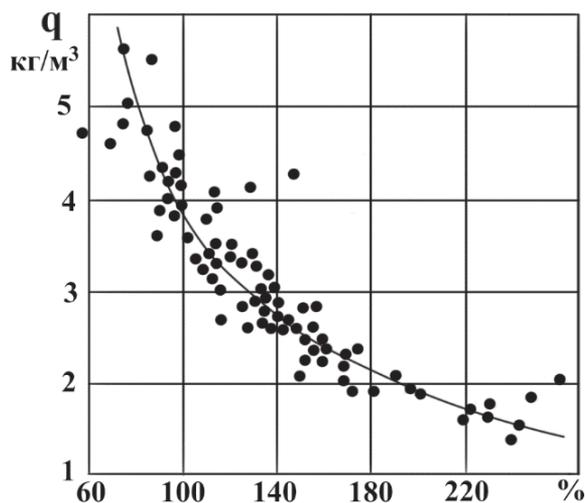


Рис. 5. Зависимость фактического удельного расхода игданита от процента выброса грунта

удельного расхода игданита от процента выброса грунта.

Как видно из рисунка, с увеличением процента выброса уменьшается удельный расход ВВ. Это связано, прежде всего, с влажностью грунта. С ее увеличением процент выброса возрастает и достигает максимума при, так называемой, оптимальной влажности [4]. Дальнейшее увеличение влажности приводит к возникновению эффектов вспучивания (рис. 6) и разжижения грунтов (рис. 7)

В этой связи при использовании взрывной технологии необходимо тщательно исследовать трассу строящегося объекта. Провести отбор монолитов для последующего лабораторного исследования физико-механических свойств грунтов, особенно влажности, установления уровня грунтовых вод. После этого можно будет определить применима ли взрывная технология или нет [5, 6]

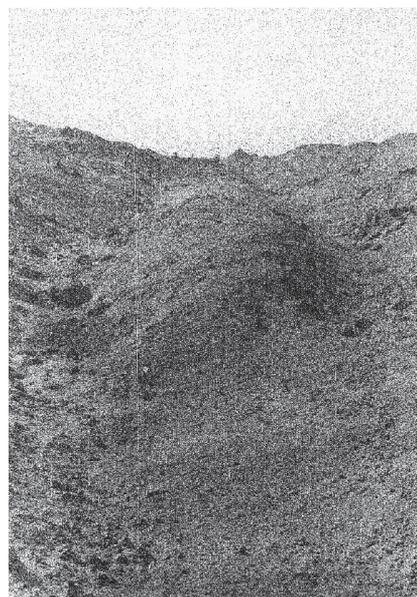


Рис. 6. Образование вспученной зоны

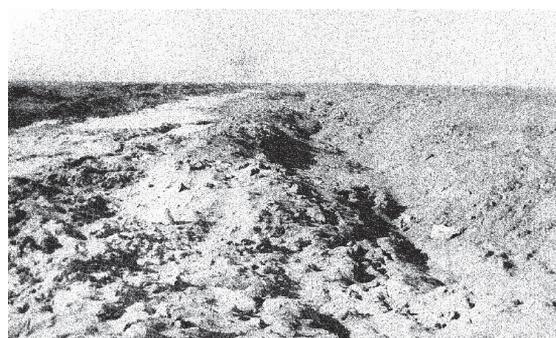


Рис. 7. Разжижение грунта

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспатронное заряджение сыпучих ВВ // Взрывное дело. 1968. № 65/22. 279 с.
2. Арутюнов О. В., Камалян Р. З., Пьянков А. Г. Энергия взрыва на строительстве гидро-мелиоративных объектов в Средней Азии // Труды института Средазгипроводхлопок. 1980. С. 136–142.
3. Камалян Р. З., Ерценкина Н. В. Изучение физико-химических параметров применяемых ВВ в реальных зарядах выброса // Научный отчет лаборатории моделирования взрывов треста Средазспецстрой. 1980. 107 с.
4. Арутюнов О. А., Григорян С. С., Камалян Р. З. О влиянии влажности грунтов на параметры выемки выброса // Физика горения и взрыва. 1985. № 2. С. 139–142.
5. Арутюнов О. А., Григорян С. С., Камалян Р. З. Расчет расположения зарядов ВВ с учетом вспучивания грунтов // Гидротехника и мелиорация. 1981. № 3. С. 31–33.
6. Арутюнов О. А., Григорян С. С., Камалян Р. З. О влиянии уровня грунтовых вод на процесс выброса грунта взрывом // Известия Академии наук Армянской ССР. Механика. XXXIV. 1981. № 6.

UDC 622.235. 5: 622.32

© R. Z. Kamalyan, S. R. Kamalyan, N. S. Nesterova, 2024

### R.Z. KAMALYAN

Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
Professor of Department  
Russian University of Cooperation, Krasnodar  
e-mail: kasarub@gmail.com

### S.R. KAMALYAN

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,  
Head of the Department of the Southern Interregional Security Department  
PJSC «Gazprom», Krasnodar  
e-mail: kasarub@gmail.com

### N.S. NESTEROVA

Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor  
IMIT, Krasnodar  
e-mail: nnnnnnn46@mail.ru

## ON SOME PROPERTIES OF IGDANITE AND THE RESULTS OF EJECTION EXPLOSIONS IN SOFT SOILS

*The work is devoted to the study of the properties of an explosive substance, which is a mixture of ammonium nitrate and salt oil, called igdanite. Upon completion of the laboratory tests, field tests were conducted.*

*Some of the effects that occur during ejection explosions are presented*

Keywords: IGDANITE, AMMONIUM NITRATE, SALTPETER OIL

## REFERENCES

1. Neutron-free charging of bulk explosives // Explosive case. 1968. No. 65/22. 279 p. [In Russ.].
2. Arutyunov O. V., Kamalyan R. Z., Pyankov A. G. Explosion energy in the construction of hydro-reclamation facilities in Central Asia // Proceedings of the Institute of Environmental Protection. 1980. P. 136–142. [In Russ.].
3. Kamalyan R. Z., Yertsenkina N. V. Studying the physico-chemical parameters of explosives used in real discharge charges // Scientific countdown of the explosion Modeling laboratory of the Sredazspetsstroy Trust. 1980. 107 p. [In Russ.].
4. Arutyunov O. A., Grigoryan S. S., Kamalyan R. Z. On the influence of soil moisture on the parameters of ejection excavation // Physics of Combustion and Explosion [Fizika goreniya i vzryva]. 1985. No. 2. P. 139–142. [In Russ.].
5. Arutyunov O. A., Grigoryan S. S., Kamalyan R. Z. Calculation of the location of explosive charges taking into account soil swelling // Hydrotechnics and Melioration [Gidrotekhnika i melioratsiya]. 1981. No. 3. P. 31–33. [In Russ.].
6. Arutyunov O. A., Grigoryan S. S., Kamalyan R. Z. On the influence of the groundwater level on the process of soil ejection by explosion // Proceedings of the Academy of Sciences of the Armenian SSR. Mechanics. XXXIV. 1981. No. 6. [In Russ.].