УДК 622.235

ДАМ ЧОНГ ТХАНГ
Вьетнам

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗРЫВА ПОДВОДНЫХ ДОННЫХ ЗАРЯДОВ ИЗМЕНЕНИЕМ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ ПОГРУЖЕНИЯ ЗАРЯДА

Представлены результаты исследования действия донных сосредоточенных и линейных зарядов при формировании воронки выброса и рыхления в условиях промышленности Вьетнама.

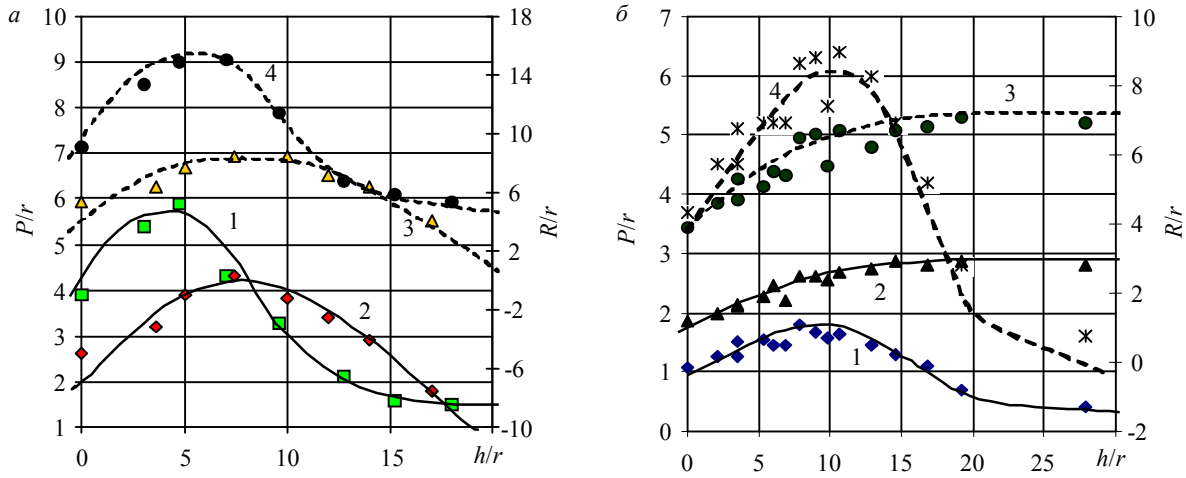
Results of research of action of the ground concentrated and linear charges are submitted at formation explosion funnel emission and loosening in conditions of the industry of Vietnam.

Анализ экспериментальных результатов при взрыве подводных донных сосредоточенных и линейных зарядов (ДСЗ и ДЛЗ) в песке, суглинке и в коралловых отложениях в натурных условиях показал зависимость параметров взорванной выемки выброса и рыхления от относительной глубины погружения заряда[*].

Экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что механическое действие подводного донного заряда (для выброса и рыхления) зависит от глубины слоя воды. Характер зависимости взрывных параметров (видимая глубина, радиус воронки, удельный расход ВВ) приведен на рис.1, 2. Анализ результатов показал, что наибольшая эффективность зарядов выброса при оптимальной глубине погружения находится в следующем диапазоне: для донных сосредоточенных зарядов в песке h = 4-6r, в суглинке h = 5-8r, в коралловых отложениях h = 8-12r (соответственно оптимальный показатель действия взрыва в песке n_p^* = 0,8-1,3; в суглинке n_p^* = 0,5-0,74; в коралловых отложениях n_p^* = 0,13-0,2); для донных линейных зарядов в песке h = 6-9r, в суглинке h = 7-11r, в коралловых отложениях h = 9-16r (соответственно оптимальный показатель действия взрыва в песке n_p^* = 1,5-2,3; в суглинке n_p^* = 1,2-2,9; в коралловых отложениях n_p^* = 0,33-0,57). При взрывании на рыхление наибольшая эффективность при оптимальной глубине погружения заряда наблюдается в диапазоне $h \geq$ 4,8-5,2 для ДСЗ и $h \geq$ 2-2,3 для ДЛЗ. Для повышения эффективности подводных донных зарядов необходимо исследование изменения глубины нагружающего слоя воды. В связи с этим можно выделить следующие направления.

Проектирование производственного плана взрывных работ по гидрологическому календарю. Обычно на реках и в море (Вьетнам) уровень воды изменяется по времени и зависит от времени года и места, поэтому фактическая глубина определяется по гидрологическому календарю (сезонно-суточное колебание). Время взрыва надо рассчитывать по гидрологическому календарю с учетом полученных зависимостей. Например, во Вьетнаме колебание морской поверхности на географических широтах достигает 3 м, а колебание уровня воды на реках – 5 м. Вполне очевидно, что время взрыва необходимо планировать на период суток (и сезонов для масштабов большого взрыва), когда глубина воды обеспечивает оптимальный или близкий к нему режим. На практике возможны три случая (рис.3). Рассмотрим их подробнее.

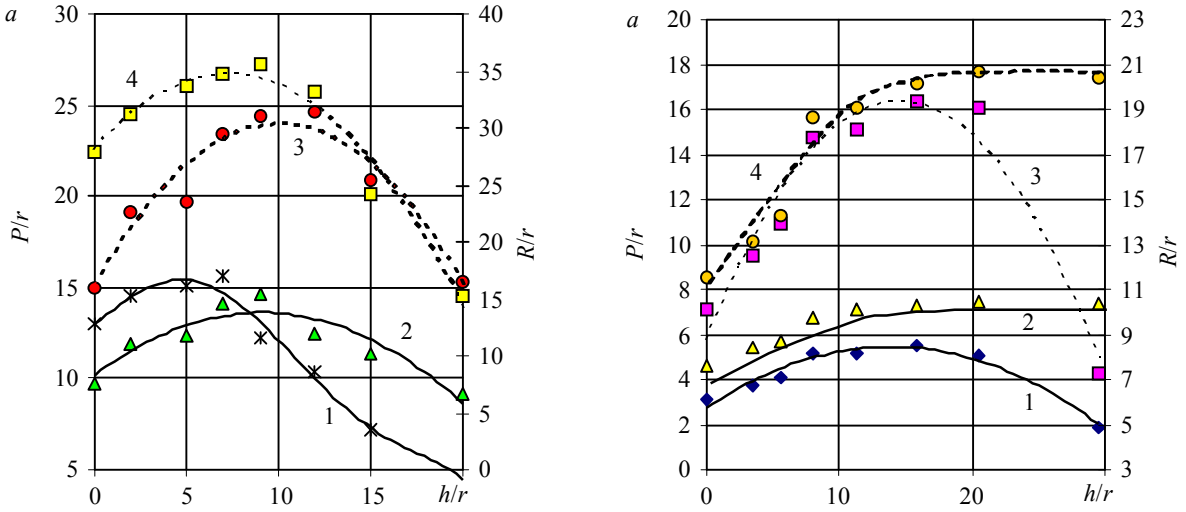
[*] *Галкин В.В.* Взрывные работы под водой / В.В.Галкин, Р.А.Гильманов, И.З.Дроговейко. М.: Недра, 1987.



1 – P/r (пес); 2 – P/r (суг); 3 – R/r (суг); 4 – R/r (пес)

1 – P/r (выб); 2 – P/r (рых); 3 – R/r (рых); 4 – R/r (выб)

Рис.1. Зависимость относительной глубины (P/r) и радиуса подводной воронки выброса и рыхления (R/r) от относительной глубины погружения (h/r) ДСЗ при взрывах заряда выброса в песке, суглинке (*а*), при взрывах выброса и рыхления в коралловых отложениях (*б*) в натурных условиях



1 – P/r (пес); 2 – P/r (суг); 3 – R/r (суг); 4 – R/r (пес)

1 – P/r (выб); 2 – P/r (рых); 3 – R/r (рых); 4 – R/r (выб)

Рис.2. Зависимость относительной глубины (P/r) и полураствора подводной взорванной выемки выброса и рыхления ДЛЗ (R/r) от относительной глубины погружения заряда (h/r) при взрывах заряда выброса в песке и суглинке (*а*), при взрывах выброса и рыхления в коралловых отложениях (*б*) в натурных условиях

1. Глубина воды при максимальном приливе меньше, чем требуемая оптимальная глубина погружения донного заряда – $h_{опт}/P$ (или $h_{опт}/P_р$ для взрыва рыхлением), (рис.3, кривая 1); в этом случае взрыв выброса или рыхления следует планировать на период максимального прилива.

2. Оптимальная глубина $h_{опт}/P$ (или $h_{опт}/P_р$ для взрыва рыхлением) находится между уровнями прилива и отлива (рис.3, кривая 2). Взрыв выброса следует осуществлять, когда уровень воды будет оптимальным, а взрыв рыхления необходимо планировать, когда глубина воды больше, чем требуемая оптимальная глубина погружения донного заряда для рыхления.

3. Уровень наибольшего отлива превышает $h_{опт}/P$ (или $h_{опт}/P_р$ для взрыва рыхлением), (рис.3, кривая 3). Взрыв выброса целесообразен в период наибольшего отлива, а взрыв рыхления можно проводить в любой момент.

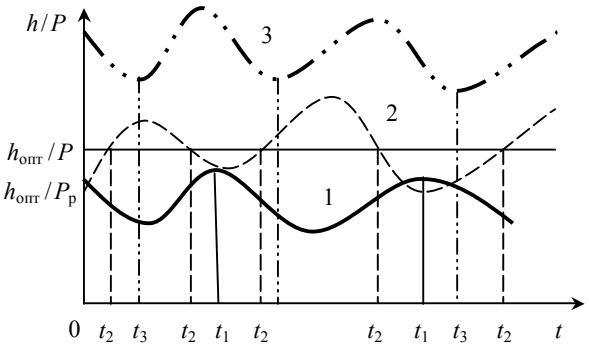


Рис.3. Схема выбора моментов взрыва в зависимости от гидрологического календаря
$t_1; t_2; t_3$ – оптимальные моменты взрыва

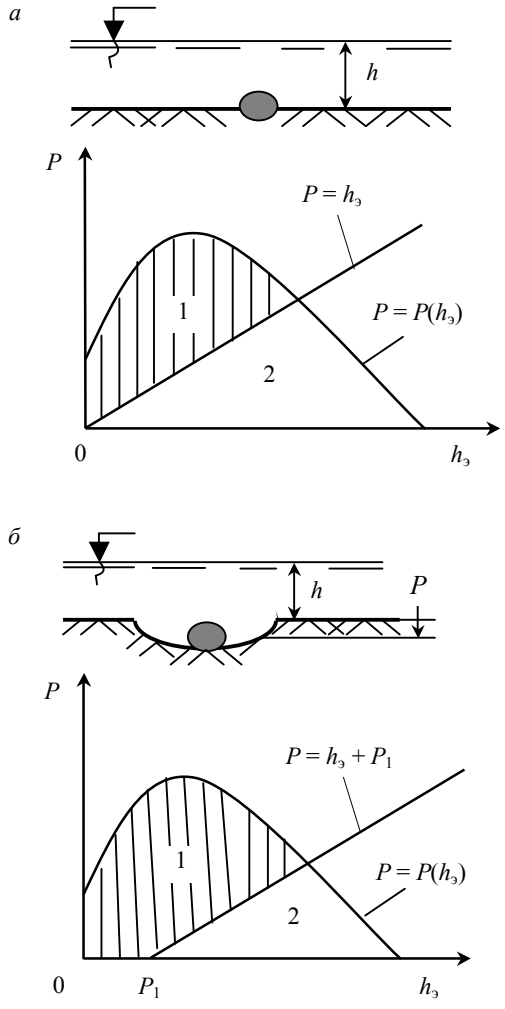


Рис.4. Схема эффективности зарядов, расположенных на поверхности части дна воронки, предшествующей очереди взрыва с глубиной P_1 (*б*) в сравнении с подводными донными зарядами (*а*) при массе заряда Q = const

Анализы результатов исследований показали, что оптимальный момент взрыва возможен при следующих условиях:

Для взрыва выброса	
$(1/n_p^*) > (h/P)_{max}$	Прилив
$(h/P)_{min} < (1/n_p^*) < (h/P)_{max}$	Ïðè $(h/P) = (1/n_p^*)$
$(1/n_p^*) \le (h/P)_{min}$	Отлив
Для взрыва рыхления	
$(h^*/P_д) > (h/P_д)_{max}$	Прилив
$(h/P_д)_{min} < (h^*/P_д) < (h/P_д)_{max}$	При $h \ge h^*$
$(h^*/P_д) > (h/P_д)_{min}$	При любом моменте взрыва

Примечание. $n_p = p/h = \overline{P}/h$ – показатель действия взрыва подводного донного заряда; $n_p = n_p^*$ – оптимальный показатель действия взрыва подводного донного заряда; P, $\overline{D}$ – соответственно видимая и относительная видимая глубина взорванной выемки выброса; $\overline{D} = P/r - r$ – радиус заряда; h, $\overline{h}$ – глубина и относительная глубина погружения заряда, $\overline{h} = h/r$.

Метод последовательного взрывания донных зарядов. Помимо применения метода взрывных работ по гидрологическому календарю необходимо применять методы последовательных взрываний донных зарядов в следующем случае: при проведении взрывов в месте, где максимальный уровень воды на стадии производства взрывных работ соответствует глубине нагружающего слоя воды меньше оптимальной (показатель действия взрыва меньше, чем оптимальный показатель действия взрыва $n_p < n_p^*$). В этом случае применяется метод последовательных взрываний донных зарядов.

Поскольку глубина воды не изменяется, необходимо определить рациональное число взрываемых слоев, чтобы получить проектную глубину выемки.

Кроме того, для прогнозной оценки действия донных зарядов необходимо использовать теорию взрыва выброса на земной поверхности: донные заряды можно заменять эквивалентными подземными зарядами. Тогда глубина заложения эквивалентного подземного заряда $h_э = ah$ (a – коэффициент; h – глубина воды). Сравнение эффек-

тивности применения зарядов, расположенных на поверхности части дна воронки под водой с одиночным взрывом донного заряда показано на рис.4. Из теории взрыва известно, что часть воронки выброса под зарядом начинает появляться при видимой глубине воронки выброса больше глубины заложения заряда (соответственно в горных породах n = 1,8-2,2). Это значит, что часть воронки выброса под зарядом находится в области выше прямой линии $P = h_э$ (рис.4, *а*) или $P = h_э + P_1$ (рис.4, *б*).

Если глубина воды и масса заряда не изменяются, с увеличением глубины положения заряда в породе видимая глубина (объем воронки выброса) увеличивается. На рис.4 верхняя часть воронки выброса 1 (ниже дна водоема) будет являться реальной воронкой выброса от донного заряда, тогда как остальная ее часть 2 (нижняя часть) является фиктивной (мнимой), образующейся на самом деле в водной среде и поэтому не фиксирующейся после взрыва.

В 1991-1992 г. создавался канал под водой в морской зоне г.Ханхоа (СРВ) с проектными размерами: длина 650 м; ширина по дну 18-20 м; ширина по верху 38-42 м; видимая глубина 4-4,5 м. Глубина воды зависит от гидрологического режима (колебание 0,1-1,7 м). Порода – коралловые отложения с коэффициентом крепости по Протодьяконову f = 4-7. После анализа экспериментов взрывные работы проводились в следующей последовательности.

Первая очередь. Взрыв одного донного линейного заряда с линейной плотностью 24,6 кг/м, расположенного вдоль трассы канала на морском дне. Глубина воды 1-1,1 м. После взрыва размер начальной взорванной выемки 0,5 м для видимой глубины и 1,5 м для полураствора.

Вторая очередь. Взрыв одного донного линейного заряда с линейной плотностью 150 кг/м, расположенного вдоль трассы канала на центральной части начальной взорванной выемки. Глубина воды до морского дна при взрыве 0,9-1,2 м. В результате взрыва размер взорванной выемки увеличился с 0,5 до 1,5 м для видимой глубины и с 1,5 до 4 м для полураствора.

Третья очередь. Взрыв одного донного линейного заряда с линейной плотностью 400 кг/м, расположенного вдоль трассы канала на центральной части второй взорванной выемки. Глубина воды до морского дна при взрыве 0,9-1,2 м. В результате взрыва размер взорванной выемки увеличился с 1,5 до 2,5 м для видимой глубины и с 4 до 8,9 м для полураствора.

Четвертая очередь. Взрыв двух основных параллельных донных линейных зарядов с линейной плотностью 800 кг/м, расположенных вдоль трассы канала на части третьей взорванной выемки с расстоянием 12 м. Глубина воды до морского дна (1,5-1,7 м) в момент взрыва выбиралась в соответствии с максимальным приливом. В результате взрыва размер канала следующий: глубина 4,5-5 м, ширина по дну 20-25 м, ширина по верху 45-50 м.

Сумма массы заряда ВВ на 1 м длины канала 2,174 кг/м.

Для определения эффективности предлагаемого метода по сравнению со взрывом двух донных линейных зарядов для создания канала можно использовать расчеты параметров взрыва, представленные в работе*.

Использование графоаналитического метода позволяет определить линейную плотность заряда

$$Q_0' = \pi\rho\left(\frac{h}{\bar{h}}\right)^2 = \pi\rho\left(\frac{1{,}5}{1{,}1}\right)^2 = 5{,}839 \text{ кг/м},$$

где h = 1,5 м; $\bar{h} = 1$ м (см. рис.2, *б*).

Расстояние между двумя донными линейными зарядами a = 10-14 м.

Сравнение эффективности применения методов последовательного взрывания и одного взрыва донных зарядов оценивается коэффициентом $K_{ýô}$, который равен отношению суммы массы заряда на 1 м длины

* Дам Чонг Тханг. Обоснование рациональных параметров донных зарядов ВВ для строительства подводных сооружений в условиях Вьетнама: Автореф. … дис. канд. техн. наук / МГГУ. М., 2006.

канала при методе одного взрыва донных зарядов ($\Sigma Q_0'$) к сумме массы заряда (ΣQ_i) на 1 м длины канала при методе взрывания многих слоев:

$$K_{\text{эф}} = \frac{\sum Q_0'}{\sum Q_i} = \frac{2 \times 5839}{2174} = 5{,}37 \text{ раз.}$$

Оценка эффективности при выборе момента взрыва по гидрологическому календарю тоже производилась аналогичным образом.

Таким образом, применение этих методов является одним из оптимальных направлений для повышения эффективности донных зарядов.