ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
Մեխանիկա XXXIV, № 6, 1981 Механика

О. А. АРУТЮНОВ, С. С. ГРИГОРЯН, Р. З. КАМАЛЯН

О ВЛИЯНИИ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА ПРОЦЕСС ВЫБРОСА ГРУНТА ВЗРЫВОМ

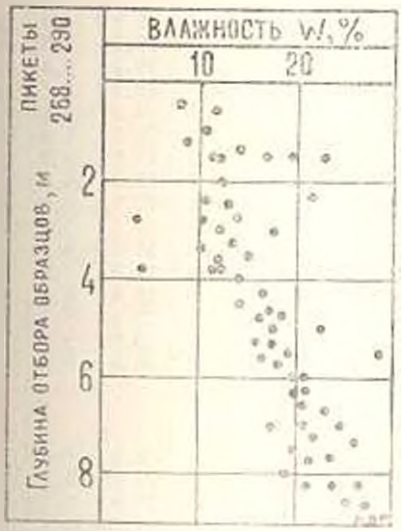
Исследование действия взрыва в грунтах и горных породах является одной из актуальных проблем современной механики. Особый интерес в этой области представляют задачи, связанные с исследованием взрывов на выброс, которые широко используются в водохозяйственном строительстве. При подготовке крупных промышленных взрывов на выброс возникает необходимость в решении ряда важных вопросов, таких как расчет величины заряда и глубины его заложения, определение количества необходимых зарядов и схемы их расположения, выбор наиболее рационального интервала замедления взрыва одних зарядов по отношению к другим, предсказание окончательных результатов взрыва. Пока что все эти вопросы решаются весьма приближенно. Основой расчетов служит накопленный опыт ведения взрывных работ, воплощенный в различные эмпирические формулы и правила. Особую трудность представляет проведение взрывных работ в сложных гидрогеологических условиях — в грунтах с высокой естественной влажностью или при близком расположении уровня грунтовых вод к заряду ВВ. Как показывает практика, в этих условиях профили выемок, получаемых в результате взрывов на выброс, часто оказываются в резком несоответствии с проектными и не могут быть приняты к эксплуатации. В первом случае выемка оказывается заполненной частично или полностью разжиженной массой [1, 2, 3], во втором случае образуется вспученная зона грунта [4].

Можно констатировать, что в настоящее время объем взрывных работ в указанных условиях значительно меньше, чем в грунтах естественно-воздушной влажности. Причиной является как недостаточная изученность наблюдающихся при указанных условиях эффектов, так и отсутствие вследствие этого научно-обоснованных методов инженерных расчетов параметров и технологических схем производства взрывных работ. Эти трудности, при все возрастающем требовании достижения максимальной эффективности использования энергии взрыва, приводят к необходимости в усовершенствовании существующих и разработке новых технологических схем и методов расчета параметров заряда.

Настоящая статья посвящена исследованию эффекта вспучивания грунтов при взрывах на выброс. Данное явление наблюдалось при строительстве ряда крупных каналов и коллекторов в Средней Азии. Ниже приводятся данные о некоторых конкретных объектах при создании которых этот эффект проявился.

1. *Краткое описание взрывов с эффектом вспучивания*

Канал ДМ-1. В литологическом отношении трасса канала ДМ-1 представлена супесчано-суглинистой толщей с прослоями (1—2) и линзами (до 0.5 м) песка и гравийно-галечниковых отложений. Суглинки и супеси значительно засолены и загипсованы, их засоленность составляет величину порядка 11% по отношению к воздушно-сухому грунту. Распределение влажности по глубине толщи в пределах указанных пикетов показана на фиг. 1, откуда видно, что с увеличением глубины влажность грунтов увеличивается, однако на одинаковых глубинах в различных точках трассы она практически одинакова. Физические свойства грунтов приведены в табл. 1. Особой закономерности в характеристиках грунтов не наблюдается. Вследствие высокой засоленности пластичность невысокая. С глубиной засоленность уменьшается. Сдвиговые характеристики грунтов приведены в табл. 2.



Фиг. 1. Распределение влажности по глубине грунтовой толщи на ДМ-1.

Проектом, с учетом геометрических размеров выемки, было принято трехрядное расположение горизонтально-удлиненных (траншейных) зарядов. Расстояние между зарядами 9 м, глубина заложения 4м, вес боковых зарядов по 360 кг/м, центрального — 530 кг/м. Взрывание короткозамедленное. Несмотря на то, что расчетный заряд был уложен в грунт на расчетную глубину, вместо ожидаемой выемки заданных параметров, получилась выемка сложной конфигурации с пологими бортами (фиг. 2). Вдоль оси всей выемки образовался «горб» из грунта, оказавшийся при первом осмотре весьма влажным. Через некоторое время в ложе выемки и местами на поверхности «горба» стали появляться маленькие фонтанчики. В навале параллельно оси выемки виднелись глубокие трещины.

Коллектор ЦК-4. Физические свойства грунтов на исследованном участке канала представлены в табл. 1. Участок сложен, в основном, суглинками с незначительными прослойками глин и частыми линзами супесей, мощность которых достигает 5м. Пластичность грунтов невысокая из-за засоленности. Число пластичности в среднем достигает для супесей — 6, суглинков — 10. Сдвиговые характеристики грунтов приведены в табл. 2. Схема взрывания — однорядный траншейный заряд. Масса заряда — 210 кг/м. Глубина заложения — 4.5 м. Результат взрыва показан на фиг. 3. Образовавшаяся выемка имела корытообразную форму с небольшим «горбом» по оси. Видимая глубина составляла примерно 1.5 про-

Таблица 1

Физические свойства грунтов

Наименование объекта и пикеты	Глубина отбора образца, м	Удельный вес, $т/м^3$	Объемный вес, $т/м^3$		Естественная влажность, %	Пористость, %	Коэффициент пористости	Верхний предел пластичности, %	Нижний предел пластичности, %	Число пластичности	УГВ, м
			естеств. влажность	сухого грунта							
ДМ—1											
290+00	2.0	2.68	1.65	1.47	12.5	45.2	0.825	26.7	19.8	6.9	8.0
„	6.0	2.67	2.01	1.68	19.6	37.1	0.590	24.2	19.2	5.0	8.0
292+00	1.5	2.69	1.64	1.40	17.1	48.0	0.923	27.5	19.1	8.4	8.0
„	3.5	2.69	1.85	1.63	15.2	39.4	0.650	26.4	18.3	8.1	8.2
„	5.5	2.74	2.00	1.56	28.5	43.1	0.757	42.5	24.5	18.0	8.2
296+00	1.5	2.67	1.63	1.45	12.2	45.7	0.842	28.7	22.7	6.0	8.2
„	3.0	2.7	1.86	1.58	17.6	41.5	0.709	27.2	17.5	9.7	8.5
„	6.0	2.70	2.00	1.66	20.3	38.6	0.629	27.9	17.9	10.0	8.5
„	8.0	2.68	2.01	1.69	19.0	36.9	0.585	25.1	17.2	7.9	8.5
278+64	2.8	2.67	1.69	1.53	10.3	42.7	0.745	25.0	19.4	5.6	8.5
„	3.8	2.67	1.64	1.46	11.7	45.1	0.821	28.2	21.7	6.5	8.0
268+50	0.45	2.68	1.48	1.36	8.3	49.0	0.961	25.6	17.8	7.8	8.2
„	1.45	2.69	1.54	1.35	14.3	49.8	0.992	27.0	18.4	8.6	8.2
„	2.45	2.67	1.47	1.33	10.8	50.5	1.008	29.1	23.4	5.7	8.2
„	3.45	2.67	1.66	1.55	10.0	43.2	0.766	26.0	20.2	5.8	8.2
„	5.0	2.69	1.87	1.58	17.9	41.0	0.694	28.8	20.8	8.0	8.2
ЦК—4											
10+00	4.5	2.67	1.70	1.51	12.3	43.65	0.770	25.2	18.6	6.6	5.2
„	6.0	2.71	1.93	1.53	26.2	43.5	0.770	33.4	21.7	11.7	5.2
15+10	3.1	2.70	1.89	1.50	25.9	44.4	0.799	30.5	20.8	9.7	9.2
„	4.4	2.73	1.97	1.56	26.4	42.9	0.751	38.5	23.6	14.9	9.2
19+30	1.5	2.71	1.95	1.56	24.7	42.4	0.736	30.3	19.3	11.0	5.0
„	2.6	2.68	1.92	1.52	26.0	43.3	0.764	30.8	23.2	7.6	5.0
19+97	1.5	2.72	1.91	1.53	25.0	43.8	0.779	35.6	22.9	12.7	5.0
„	2.6	2.73	1.90	1.50	26.6	45.1	0.821	39.6	22.0	17.6	5.0
20+40	1.0	2.70	1.88	1.60	17.9	40.7	0.686	30.0	19.3	10.7	5.3
„	1.3	2.69	2.03	1.66	22.5	38.3	0.621	25.5	16.4	9.1	5.0

Фиг. 2. Ситуация, возникшая на участке канала ДМ-1 после взрыва.

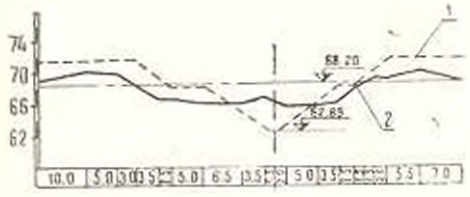
ектной, борта выемки пологие, ширина по верху превышала проектную почти в два раза.

Таблица 2

Сдвиговые характеристики грунтов

Наименование объектов	Глубина отбора образцов, м	Угол внутреннего трения, φ°	Коэффициент внутреннего трения	Сцепление C, кг/см^2
ДМ—1				
290+00	2.0	23	0.432	0.546
"	6.0	30	0.568	0.685
292+00	1.5	26	0.488	0.625
"	3.5	28	0.530	0.710
"	5.5	22	0.412	1.35
296+00	1.5	28	0.535	0.700
"	3.0	25	0.463	1.056
"	6.0	27.5	0.520	0.750
"	8.0	16	0.284	0.770
278+64	2.8	27	0.512	0.630
"	3.8	28	0.537	0.540
268+50	0.45	39	0.800	0.597
"	1.45	28	0.537	0.615
"	2.45	31	0.600	0.515
"	3.45	28	0.525	0.815
"	5.0	27	0.512	0.695
ЦК—4				
19+97	1.5	28	0.525	0.610
"	2.6	29	0.550	0.554
19+30	1.5	30	0.575	0.542
"	2.6	27	0.500	0.446
15+00	3.1	26	0.487	0.550
"	4.4	27	0.500	0.922
10+00	4.5	27	0.500	0.450
"	6.0	28	0.525	0.508

Коллектор ЦК-4-1. В литологическом отношении трасса коллектора аналогична ЦК-4. Схема взрывания — однорядный траншейный заряд. Масса заряда на ПК 15 ... 16—250 *кг/м*, глубина заложения 4.5 *м*. В результате взрыва образовалась выемка с явно выраженным «горбом» вдоль оси (фиг. 4). Фактическая ширина по верху не превышала проектную.

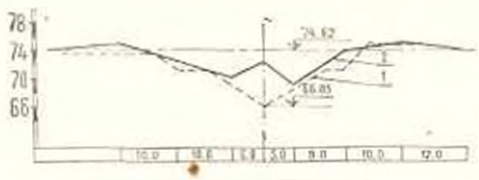


Фиг. 3. Результат маркшейдерской съемки поперечного сечения выемки на участке коллектора ЦК-4 (ПК 14+10): 1—проектный контур, 2—фактический профиль.

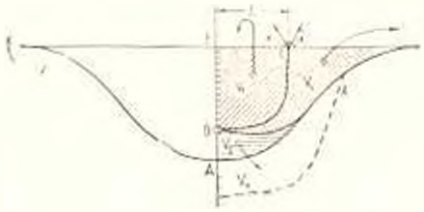
Аналогичные результаты были получены и при взрывах на других объектах.

Отметим, что, несмотря на различие в формах вспучивания, характерным для всех взрывов с аномальным эффектом являлись следующие признаки: влажный грунт в зоне вспучивания, пологие откосы у выемки, наличие трещин в навале, параллельных оси выемки.

2. *Состояние вопроса.* Эффект вспучивания грунта при взрывах на выброс известен сравнительно давно (см., напр., [3, 4, 5, 6]). Однако, несмотря на это, до последнего времени рационального объяснения механизма образования вспученной зоны не существовало. В работе [7] явление вспучивания грунта, названное автором аномальным эффектом при взрыве на выброс, объясняется следующим образом. Весь объем грунта, подверженный действию расширяющихся продуктов детонации ВВ при взрыве на выброс, делится на три части: V_1 — объем выброса, то есть объем грунта, выброшенного на поверхность за пределы выемки, V_2 — объем грунта, упавшего обратно в выемку, V_3 — объем грунта, вдавленного в окружающий массив действием взрыва (фиг. 5). При этом автор явление



Фиг. 4. Результат маркшейдерской съемки поперечного сечения выемки на участке коллектора ЦК-4-1 (ПК 12 + 10): 1 — проектный контур, 2 — фактический профиль.



Фиг. 5. Схема образования вспученной зоны по Г. Н. Мартынову.

аномального эффекта связывает с существованием объема грунта V_2, упавшего обратно в выемку, величина которого, по мнению автора, существенно растет из-за искривления траекторий движения частиц грунта при взрывах в тяжелых водонасыщенных грунтах. Приняв гипотезу искривления траекторий движения частиц грунта, автор предполагает, что граница между объемами V_1 и V_2 на некотором расстоянии L от эпицентра взрыва выходит на свободную поверхность вертикально. Тогда частицы, движущиеся правее указанной границы, вылетают под условно положительным углом и падают за пределы контура выемки. Частицы, движущиеся левее данной границы, вылетая с «отрицательным углом», составляют в сумме объем V_2, который, сталкиваясь с аналогичным и симметрично движущимся объемом в левой части (фиг. 5), падает обратно в выемку. Автор отрицает образование объема V_2 за счет оползания бортов выемки в заключительной стадии развития взрыва, поскольку, как утверждается в работе, замеренная по фотографиям ширина сиона выброса в нижней своей части соответствует истинной ширине получаемой выемки по верху. Отсутствие в сухих грунтах с малым содержанием жидкой фазы аномального эффекта автор объясняет тем, что в таких грунтах скорость ударной волны мала, а

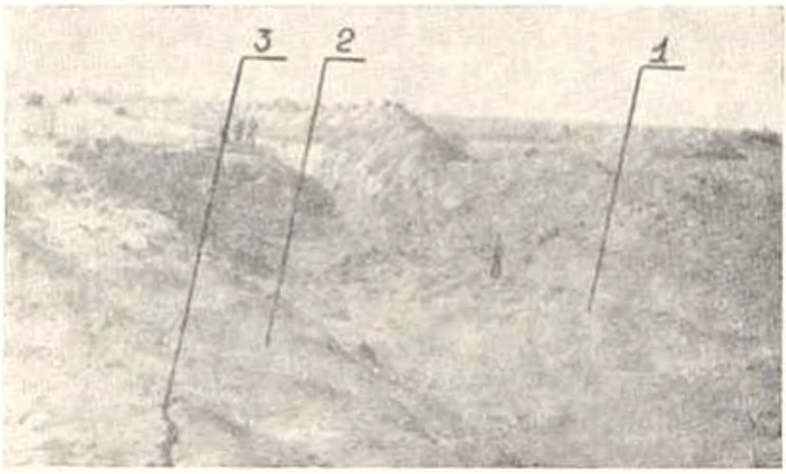
время «откачка» настолько велико [7], что камуфлетная полость успевает развиться, благодаря чему путь, по которому частицы движутся с искривленными траекториями, весьма мал, и само искривление траекторий незначительно ввиду низкой интенсивности ударной волны и малого градиента плотности окружающей среды. При этом, как утверждает автор, граница раздела объемов V_1 и V_2 приближается к эпицентру взрыва.

В 1976 г. С. С. Григоряном было предложено объяснение явления вспучивания грунта, излагаемое ниже. Как показывает опыт проведения натурных взрывов в полевых условиях, одним из необходимых факторов, вызывающих эффект вспучивания грунта, является наличие близко расположенных к заряду грунтовых вод. После детонации заряда по грунту проходит сильная ударная волна, которая образует в водонасыщенной части массива зону «разжижения» грунта. Ударная волна, идущая по этому массиву, имеет существенно большую скорость, чем ударная волна, идущая по «сухому» грунту, расположенному над этим массивом. Поэтому фронт этой волны в области грунта выше уровня грунтовых вод оказывается очень пологим. Это приводит при ее отражении от свободной поверхности грунта к движению последнего в близком к вертикали направлении и к интенсивному разрыхлению и разрушению сухого грунта в приповерхностной области, причем разрушение тем меньше, чем дальше грунт от эпицентра взрыва из-за затухания взрывной волны при ее удалении от эпицентра. После окончания развития взрыва грунт, располагавшийся в некоторой области выше заряда, оказывается поднятым и выброшенным за пределы выемки. После выброса в оставшейся невыброшенной части грунта возникает неравновесное состояние, обусловленное действием силы тяжести, существованием выемки выброса, дробленым грунтом вне выемки и относительно высокой текучестью разжиженного грунта. При этих условиях под действием силы тяжести возникает движение разжиженного грунта и лежащего на нем дробленого грунта к оси выемки и образование за счет движения по инерции вспученной зоны в центре выемки. Следствием такой схемы движения на этой относительно медленной второй ее стадии является процесс опускания бортов выемки (фиг. 6).

Следует отметить еще и недавно опубликованную работу [8], в которой также отмечается, что возникновение аномального эффекта связано с высоким расположением уровня грунтовых вод. Образование же вспученной зоны грунта авторами объясняется сползанием с бортов выемки объемов V_1 и V_2 с последующим выпором объема V вдоль оси выемки. Причем, как утверждается в работе, объем выпора V равен суммарному объему сползающих частей $V_1 + V_2$. Однако в более поздней работе [9] авторы причиной появления перемычки (вспученной зоны) считают возвратное движение нагруженного взрывом нижележащего грунта (ила), не способного к дальнейшему уплотнению (выдавливанию).

В работе [10] предлагается следующий механизм аномального явления. Считается, что в связных водонасыщенных грунтах при приложении к ним динамической нагрузки определенной величины могут возникнуть тиксотропные процессы, связанные с изменением процентного содержания

свободной воды. Возникновение тиксотропных явлений в указанных грунтах авторы связывают, согласно [11], с переходом части связанной воды в свободное состояние при динамических взрывных нагрузках. В результате этого повышаются внутрипоровое давление и градиент фильтрации, вследствие чего происходит фильтрационная деформация дна взрывной



Фиг. 6. Общий вид выемки, образовавшейся после взрыва на выброс: 1— вспученная зона, 2— просевший борт, 3—трещина, образовавшаяся в результате опускания борта выемки.

выемки, которая сопровождается механической суффозией — выносом мелких частиц через поры более крупнозернистого скелета. При этом, по мнению авторов, вынос может либо носить ограниченный характер, либо приводить к полному разрушению канала.

3. *Некоторые результаты исследований.* Обзор литературных источников показывает насколько сложна проблема и соответственно противоречивы объяснения механизма аномального явления. В разрешении данной проблемы дополнительное знание могут доставить результаты проведенных нами экспериментов, целью которых было установление возможности и получение практических рекомендаций для строительства открытых выемок в осложненных условиях. В основу исследований была положена схема образования вспученной зоны, предложенная С. С. Григоряном. Согласно этой схеме минимальное расстояние от центра заряда до уровня грунтовых вод, при котором вспучивание не должно возникать, можно определить из требования, чтобы при подходе к уровню грунтовых вод интенсивность взрывной волны упала до величины, уже не вызывающей эффектов «разжижения» водонасыщенного грунта и его оползания вместе с вышележащими сухими толщами. Соответствующие критические величины этой интенсивности можно определять эмпирическим путем, проводя серию пристрелочных взрывов. Однако структура теоретической формулы, по которой в принципе можно ее рассчитать, может быть получена

следующим образом. Зависимость интенсивности Δp взрывной волны удаленного заряда в грунте от расстояния r имеет вид

$$\Delta p \leq \Delta p_* f\left(\frac{r}{\sqrt{Q}}\right) \tag{3.1}$$

где Δp_* — постоянная величина, определяемая типом ВВ и свойствами грунта, Q — вес единицы длины заряда ВВ. Вид функции f также определяется типом грунта и ВВ. Упомянутое выше ограничение на интенсивность волны записывается в виде

$$\Delta p \leq \Delta p_{кр},$$

где $\Delta p_{кр}$ — критическое значение Δp, не вызывающее указанных выше эффектов. Это условие с учетом (3.1) приводится к виду

$$r \geq r_* = \xi \sqrt{Q}\, f^{-1}\left(\frac{\Delta p_{кр}}{\Delta p_*}\right) = \xi \sqrt{Q} \tag{3.2}$$

где f^{-1} — функция, обратная к f.

Если нет возможности для проведения пристрелочных взрывов, позволяющих определить множитель ξ в (3.2), то для грубых оценок можно принять, что

$$r_* = k h_0 \sqrt{1 - n^2}$$

где n — показатель действия взрыва, h_0 — глубина заложения заряда, а коэффициент k — порядка 0.4—0.7.

Тогда с учетом соотношения

$$Q = 2 k h_0^2 \frac{0.4 + 0.6\, n^2}{n - 1}$$

связывающего погонный вес Q ВВ с параметрами h_0 и n [11], получаем для коэффициента ξ выражение

$$\xi = k \sqrt{\frac{(n-1)(1+n^2)}{2k(0.4 + 0.6\, n^2)}} \tag{3.3}$$

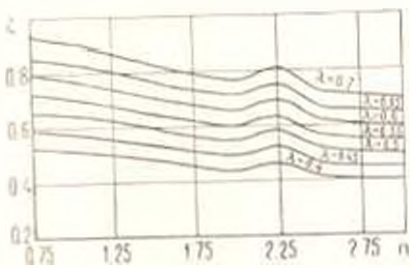
где k — расчетный удельный расход ВВ (кг/м³).

На фиг. 7 приведена диаграмма для определения коэффициента ξ при различных n и k.

Из описанной схемы явления вспучивания следует, что глубина h_0 заложения зарядов должна быть связана с глубиной расположения уровня грунтовых вод $H_в$ соотношением

$$h_0 \leq H_в - \xi \sqrt{Q} \tag{3.4}$$

Этот вывод согласуется с теми фактами, что, как показал анализ результатов опытно-промышленных взрывов, с приближением глубины



Фиг. 7. Диаграмма для определения коэффициента ξ при различных n и k.

заложения заряда к уровню грунтовых вод относительная глубина выемки уменьшается. Таким образом, для конкретных грунтовых условий, типа и массы ВВ существует оптимальная глубина заложения заряда, при которой образуется выемка с максимальными параметрами и без вспучивания и аномальных аффектов.

Эта тенденция отмечается и в работах [8, 9, 10]. Изложенное выше иллюстрируется следующим примером. Исходные данные: $n = 2.25$, $h_0 = 3$ м, $H_0 = 8$ м, $k = 1.3$ кг/м³. Согласно (3.3) имеем

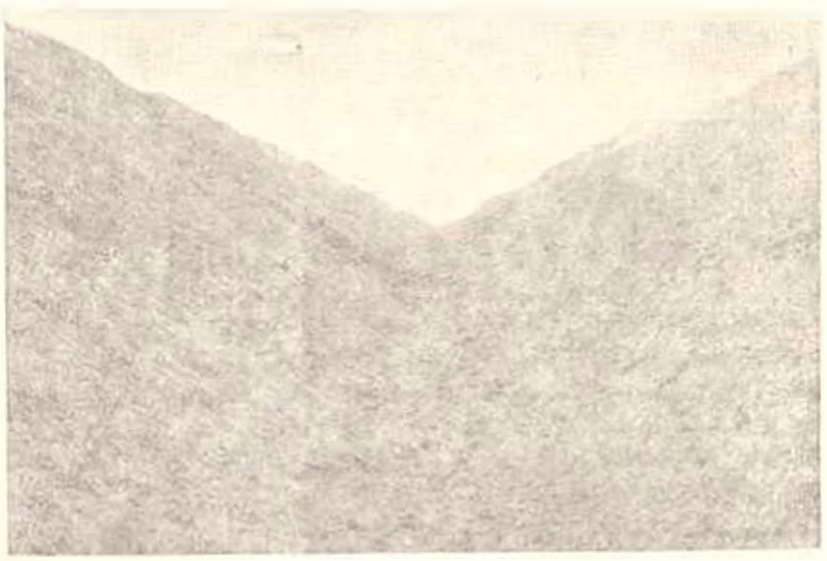
$$r_0 = \sqrt[3]{\frac{3.25 \cdot 6.06}{2.6(0.4 + 0.6 \cdot 11.38)}} \approx \lambda$$

Отсюда при $\lambda = 0.5$ получаем для критического расстояния r_0 до уровня грунтовых вод $r_0 = 0.5 \sqrt[3]{Q}$.

Если взять вес заряда согласно [12] равным 300 кг/м, то при $H_0 = 8$ м и $h_0 = 3$ м для r_0 имеем $r_0 = 0.5 \sqrt[3]{300} \approx 8.5$ м, что приводит к нарушению условия (3.4).

При $Q = 100$ кг/м для r_0 имеем $r_0 = 0.5 \sqrt[3]{100} = 5$ м, и условие (3.4) выполняется, ибо $H_0 - h_0 = 8 - 3 = 5$ м.

Результат фактически проведенного для этого расчетного случая взрыва показан на фиг. 8.



Фиг. 8.

Известно [13], что начальное давление продуктов детонации в первом приближении может быть определено с помощью выражения

$$p_0 = \frac{\rho_0 D^2}{2(1+\gamma)} \qquad (3.5)$$

где ρ_0 — плотность ВВ, D — скорость детонации ВВ, γ — показатель политропы. Известно также, что в пластически деформируемых средах ответственным за разрушение среды (соответственно за образование зоны разжижения в водонасыщенных грунтах) является импульс взрыва, определяемый интегралом по времени от давления

$$I = \int_0^{\infty} p(r, t)\, dt \qquad (3.6)$$

Из (3.5) следует, что с уменьшением плотности и скорости детонации ВВ уменьшается начальное пиковое давление, что приводит к соответствующему изменению формы и величины взрывного импульса. Таким образом, согласно (3.5) и (3.6), для увеличения глубины заложения зарядов, не приводящих к нарушению условия (3.4), необходимо применять ВВ с более низкими плотностью и скоростью детонации.

Для сравнения в табл. 3 приведены результаты взрывов в идентичных условиях с использованием штатного ВВ граммонита 79/21 и игданита.

Таблица 3

Тип ВВ	Глубина заложения h_0, м	Характеристики ВВ		Масса ВВ Q, кг	Поперечное сечение выемки S, м²	Глубина выемки H, м	Фактич. удел. расход ВВ, q, кг/м³
		ρ_0, кг/м³	D, м/с				
Граммонит 79/21	3	900—1000	3500—4200	100	30.5	4.2	3.2
Игданит	3.2	850	2200—2700	210	46.75	4.64	4.5

Как видно из таблицы, использование в качестве ВВ игданита, характеризующегося более низкими детонационными параметрами [14], позволяет увеличить массу заряда и глубину его заложения, что, соответственно, способствует увеличению геометрических размеров выемки без образования вспученной зоны.

Выводы. Результаты опытно-промышленных взрывов, проведенные трестом «Средазспецстрой» в 1976—1980 гг. с учетом описанной выше схемы явления вспучивания, показали возможность эффективного применения взрывов на выброс при строительстве гидромелиоративных сооружений в осложненных условиях.

Поскольку в настоящее время область применения взрывного метода выполнения земляных работ в осложненных условиях становится все шире, то представляет значительный интерес дальнейшее изучение влияния свойств грунта, параметров и конструкций заряда на указанное явление с целью оптимизации технологии производства взрывных работ.

Трест «Средазспецстрой»

Поступила 1 XII 1980

Ա. Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՈՎ, Ս. Ս. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ռ. Զ. ՔԱՄԱԼՅԱՆ

ՊԱՅԹՅՈՒՆՈՎ ԲՆԱՀՈՂԻ ԴՈՒՐՍ ՆՏՄԱՆ ԸՆԹԱՑՔԻ ՎՐԱ ԳԵՏՆԱՋՐԵՐԻ ՄԱԿԱՐԴԱԿԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Բերված են պայթեցումներով բնահողերի դուրս նետման ուղղությամբ բարդ պայմաններում կատարված, երբ տեղաբաշխված լիցքերի մոտ գետնաջրերի մակարդակը բարձր է, հետազոտությունների արդյունքները։

Յույց է տրված գետնաջրերի մակարդակի ազդեցությունը պայթեցումներով առաջացրած հանովածքների պարամետրերի վրա։

THE INFLUENCE OF UNDERGROUND WATER LEVEL ON THE PROCESS OF GROUND EJECTION BY EXPLOSION

O. A. ARUTUNOV, S. S. GRIGORIAN, R. Z. KAMALIAN

S u m m a r y

Pilot-industrial results to explosions influence on ground ejection in complicated conditions — in the ground with high ground water level disposition to charge — are presented. The influence of ground water level on parameters of explosive excavation is shown.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авдеев Ф. А.* Взрывы на выброс в оплывающих моренных грунтах при строительстве Аллагченского водоотводящего канала. В кн.: Труды V сессии ученого совета по народнохозяйственному использованию взрыва. Фрунзе, Илим, 1965, с. 259—272.
2. *Кушнарев Д. М.* Использование энергии взрыва в строительстве. М., Стройиздат, 1977, с. 118.
3. *Вовк А. А., Смирнов А. Г., Кравец В. Г.* Динамика водонасыщенных грунтов. Киев, Наукова думка, 1975, с. 204.
4. *Шумков Б. Б., Мандели Э. О.* Рациональные пути использования энергии взрыва в мелиоративном строительстве. Гидротехника и мелиорация, 1975, № 11, с. 13—16.
5. *Золотарев Н. Я.* Взрывные работы на ирригационном и мелиоративном строительстве в Узбекистане. В кн.: Взрывное дело, 1947, вып. 47, с. 40—47.
6. *Данчев П. С.* О влиянии водонасыщенности грунтов и горных пород на эффект действия взрыва. В кн.: Взрывное дело, 1960, 45/2, с. 54—62.
7. *Мартынов Н. Г.* Об аномальном эффекте взрыва на выброс в водонасыщенных грунтах. Изв. вузов. Геология и разведка, 1977, № 2, с. 127—135.
8. *Лучко И. А., Бигдаш Д. В.* Влияние уровня грунтовых вод на результаты взрывов на выброс. В кн.: Использование взрыва при разработке нескальных грунтов. Киев, Наукова думка, 1978, с. 120—123.
9. *Вовк А. А., Лучко И. А., Бигдаш Д. В.* Особенности взрыва на выброс в условиях приазовских плавней. В кн.: Взрывное дело, 1979, 81/38, с. 208—213.
10. *Андреев Ю. П., Цурик В. А., Тесленко В. В.* Опыт строительства гидромелиоративных объектов в Калмыцкой АССР с применением энергии взрыва. В кн.: Взрывное дело, 1979, 81/38, с. 223—226.

11. *Герсеванов Н. М., Польшин Д. Е.* Теоретические основы механики грунтов. М., Госстройиздат, 1948, с. 295.
12. Проектирование взрывных работ. Под редакцией Б. Н. Кутузова. М., «Недра», 1974.
13. Физика взрыва. Под редакцией К. П. Станюковича. М., «Наука», с. 93.
14. *Дубнов Л. В., Бахаревич Н. С., Романов А. И.* Промышленные взрывчатые вещества. М., «Недра», 1973, с. 319.