

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЗРЫВА
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕЛКИХ ТРУБЧАТЫХ КОЛОДЦЕВ**

В. А. Кривцов, Г. К. Вовк

(Киев)

Первые опыты по строительству колодцев взрывным методом были проведены в 1947—1954 гг. в АН УССР под руководством Н. М. Сытого [1—7]. Но принятый тогда метод взрыва шнурового заряда в открытой скважине давал возможность достаточно эффективно создавать вертикальные цилиндрические полости в глинистых грунтах до первого водоносного слоя, а также более глубокие колодцы при слабых верхних водоносках. Вопрос о создании полостей в сильно водонасыщенных грунтах в то время исследовался недостаточно. В связи с актуальностью проблемы орошения по инициативе акад. М. А. Лаврентьева в Институте механики АН УССР были возобновлены и продолжены работы по строительству колодцев взрывом. Начальный этап работ был посвящен решению задачи создания колодцев, питаемых вторым водоносным слоем, находящимся на глубине 10—15 м. Этот водоносный слой мощностью 2—3 м должен был давать необходимый достаточно устойчивый дебит. Однако при строительстве опытных колодцев такого типа были встречены трудности, связанные с заплыванием полостей.

Оказалось, что при открытом взрыве шнурового заряда стенки полости в водонасыщенных песках не закрепляются и полость практически мгновенно заполняется разжиженным (пльвунным) грунтом водоносных слоев. Полость заполняется до уровня верхнего водоносного слоя, и вода находится только в порах заплывшего грунта и в водоносных слоях.

Факт заплывания объясняется явлением тиксотропии грунта, т. е. свойством грунта переходить в пльвунное состояние при воздействии на него быстрых динамических нагрузок.

Исследование способов борьбы с явлением тиксотропии привело к использованию камуфлетных взрывов в водоносных слоях, что давало возможность обезвоживать («осушать») определенную область грунта. Обезвоженные стенки полости на некоторый период времени приобретают свойства несущей способности, вследствие чего полость не заплывает. В результате представляется возможность опустить фильтр, водозаборные трубы и другое инженерное оборудование.

Обезвоживание песка происходит следующим образом [3].

В процессе образования полости и после ее образования продукты взрыва, находящиеся под большим давлением, проникают в поры песка и вытесняют воду. Вытеснение будет происходить до установления равенства давления в полости и гидростатического давления поровой воды. В этом случае не исключена возможность пульсации полости.

Радиус обезвоженной полости можно определить, зная объем газа, выделившийся при взрыве заряда ВВ [2], и объем полости, полученный взрывом [1], а также пористость грунта и давление поровой воды

$$R = \sqrt{\frac{C \cdot 22,4}{\pi n M} \frac{p_a}{p_b} \frac{Q_{ВВ}}{Q_T} \frac{1-n}{n}} \text{ м}, \quad (1)$$

где C — общее число газообразных молекул ($g \cdot \text{моль}$), получившихся при взрывчатом разложении одной граммолекулы ВВ; M — молекулярный вес ВВ; n — пористость грунта; p_a — атмосферное давление, $кг/см^2$; p_b — гидростатическое давление воды в порах песка, $кг/см^2$; k — коэффициент, зависящий от свойств грунта; q — вес заряда ВВ, $кг/пог. м$; $Q_{ВВ}$ — потенциальная энергия единицы веса заряда ВВ; Q_T — потенциальная энергия единицы веса заряда тротила.

Если принять заряд тротильный весом 1 кг/пог. м , $C=10$, $M=227$, $n=0,2$ $k=0,3$, $p_b=p_a$, то радиус обезвоженной зоны будет равен

$$R = \sqrt{\frac{10 \cdot 22,4}{0,2 \cdot 3,14 \cdot 227} - 0,3^2 \frac{1-0,2}{0,2}} = 1,1 \text{ м}.$$

Радиус полости, определяемый по эмпирической формуле работы [1], равен

$$R_n = 0,3 q^{1/2} = 0,3 \text{ м}. \quad (2)$$

Отсюда радиус обезвоженной зоны больше радиуса полости в 3,7 раза. Толщина свода обезвоженного грунта $\delta = R - R_n$.

Опыты были проведены как в песчаных грунтах, так и в водонасыщенных супесках и суглинках. При этом было установлено, что в песчаных грунтах область обезвоживается вполне удовлетворительно, тогда как в супесках и тем более в суглинках — в незначительной степени. Больше того, в супесках и суглинках, как показали исследования, стенки полости сильно уплотняются и пористость настолько уменьшается, что вода почти совершенно не проходит через уплотненный слой грунта. Водонасыщенный песок при взрыве практически не уплотняется, и в то же время вода из пор этого песка отгоняется.

Исследование проводилось при строительстве шести мелких трубчатых колодцев взрывным методом. Основными этапами строительства были геологическая разведка, образование вертикальной цилиндрической полости, установка фильтра в водонос и доработка колодца, установка насоса и проведение строительной откачки.

Образование вертикальной цилиндрической полости производилось следующим образом.

С помощью стальной иглы диаметром $10-12 \text{ мм}$ вручную делался в грунте прокол до глубины, включая мощность водоносного слоя, примерно $7-10 \text{ м}$. Полученная скважина расширялась до диаметра $60-80 \text{ мм}$ взрывом одной или двух ниток детонирующего шнура. Иногда при прохождении плотного грунта приходилось производить многократные проколы и подрывы, последовательно углубляясь до водоноса.

В образовавшейся полости в области водоноса устанавливался основной цилиндрический заряд (тротильный или гексогеновый и т. д.) необходимой величины с электродетонатором. С промежутком, примерно равным проектному диаметру полости, устанавливался верхний цилиндрический заряд также с электродетонатором.

Величины зарядов рассчитывались по формуле (2), исходя из требуемого радиуса полости. Область между зарядами и стенками полости засыпалась песком. После установки сначала взрывался нижний заряд, а затем, через промежуток времени от единиц секунд до нескольких минут, — верхний заряд.

В образованной полости устанавливался фильтр (из галунной сетки или пористобетона) с вмонтированной заборной трубой на всю глубину колодца. Зафильтрованное и затрубное пространство засыпалось мелким гравием или крупнозернистым песком. На поверхности грунта, вокруг заборной трубы, делался глиняный замок. К верхнему концу заборной трубы присоединялся ручной или электрический насос, и производилась строительная откачка воды. После непрерывной откачки в течение нескольких часов, а иногда и более суток вода становилась светлой со стабильным дебитом $1-1,5 \text{ м}^3/\text{час}$.

Проведенные работы позволили сделать следующие выводы:

1. Колодцы, построенные с применением взрыва в песчаных водоносках, дают весьма удовлетворительный дебит. Такие колодцы целесообразно внедрять для нужд народного хозяйства в пунктах с относительно малым потреблением воды.

2. Образование первичных скважин (для установки в них расчетных зарядов при изготовлении колодцев взрывом) с помощью прокольных игл представляется удобным и целесообразным.

3. Принципиально решается задача по обезвоживанию песка, а следовательно, сохранению полости в водоносе хотя бы и на малый промежуток времени.

4. Если надводоносный грунт прочный (плотная глина), то взрывной способ образования полости под колодцы для воды имеет, несомненно, большое преимущество перед буровым или забивным способами.

5. Для строительства колодцев большого диаметра требуется проведение дополнительных экспериментов главным образом по проверке устойчивости полости больших диаметров в области водоноса и определению времени отгона и притока воды через обезвоженную область.

6. Методы строительства колодцев взрывом требуют дальнейших исследований, в том числе развития методов их инженерного оснащения и создания специализированного оборудования.

Поступила в редакцию
20/X 1965

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Е. Бабинец, Н. М. Сытый. Инструктивные указания по устройству временных шахтных колодцев взрывным способом в глинистых грунтах. Инструкция АН УССР. Изд-во АН УССР, 1952.
2. Ф. А. Баум, К. П. Станюкович, Б. И. Шехтер. Физика взрыва. Физматгиз, 1959.
3. В. А. Кривцов. Сб. «Народнохозяйственное использование взрыва». СО АН СССР, 1964, № 29.
4. Опыт использования пироксилиновых порохов на инженерных работах. Киев, Ин-т математики АН УССР, 1952.
5. Г. И. Покровский, И. С. Федоров. Действие удара и взрыва в деформируемых средах. М., Промстройиздат, 1957.
6. М. Я. Сухаревский. О рытье ям для телеграфных и телефонных столбов взрывным способом. — Строительная промышленность, 1930, 3.
7. Н. М. Сытый. Строительство шахтных колодцев взрывным способом. Сб. докладов ААН, 1951, т. 1.