

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ФОРМИРОВАНИЯ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕВОДОУСТОЙЧИВЫХ ВВ ПРИ ДРОБЛЕНИИ ГОРНЫХ ПОРОД В ОБВОДНЕННЫХ УСЛОВИЯХ НА КАРЬЕРАХ

Б.А. Гаибназаров<sup>1</sup>, Ш.М. Алимов<sup>2</sup>, С. Эркабоева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Старший преподаватель кафедры «Горное дело» Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, г. Алмалык, Узбекистан.

<sup>2</sup>Старший преподаватель кафедры «Горное дело» Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, г. Алмалык, Узбекистан.

<sup>3</sup>Ассистент кафедры «Горное дело» Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, г. Алмалык, Узбекистан.

### АННОТАЦИЯ

*В статье приводятся конкретные название некоторых взрывчатых веществ и их свойства которую мы наблюдаем при их применении для дробления горных пород на карьерах в обводненных условиях. Указывается какова влияния проточности воды в скважинах при использовании некоторых видов взрывчатых веществ. Поднимается вопрос о целесообразности или нецелесообразности применение некоторых видов взрывчатых веществ в обводненных и сухих скважинах. Приводиться примеры зарядании скважин механизированным способом в различных условиях и разными способами, влияние температуры на взрывчатые вещества при их зарядании.*

**Ключевые слова:** *Обводненные скважины, карьер, гранулотол, алюмотол, зерногранулит, акватол, гранулы тротила, комбинированные заряды, селитра, зарядно-смесительные установки, промышленные испытание, гидроизолированный заряд, приемный цилиндр, экспериментальный блок.*

### ABSTRACT

*The article gives the specific name of some explosives and their properties that we observe when they are used to crush rocks in quarries in flooded conditions. It is indicated what is the effect of water flow in wells when using certain types of explosives. The question is raised about the expediency or in expediency of using certain types of explosives in flooded and dry wells. Examples are given of loading wells in a mechanized way under various conditions and in different ways, the effect of temperature on explosives during their loading.*

**Key words:** *Watered wells, quarry, granulotol, alumotol, grain granulite, aquatol,*

*TNT granules, combined charges, saltpeter, charging and mixing plants, industrial testing, waterproofed charge, receiving cylinder, experimental block.*

## **ВВЕДЕНИЕ**

При взрывании в обводненных скважинах на карьерах в настоящее время применяются в основном ВВ четырех типов: гранулотол, алюмотол, зерногранулит 30/70 и в небольшом объеме акватол 65/35. Каждое из них имеет свои достоинства и недостатки.

Наиболее широко используют гранулотол (гранулированный тротил). Он отличается стабильностью взрывных свойств, совершенно не растворяется в воде и поэтому может применяться при большом количестве ее в скважинах, а также при значительной проточности воды. Недостатком гранулотола является относительно небольшие теплота взрыва и плотность заряжения. Гранулотол целесообразно применять в комбинированных зарядах, перекрывая им (когда это возможно) обводненную часть скважин, выше которой должно располагаться дешевое неводоустойчивое ВВ. При большом объеме пустот между гранулами тротила (около трети объема ВВ) целесообразнее использовать комбинированные заряды.

Алюмотол, представляющий собой гранулированный сплав тротила с алюминием, также вполне водоустойчив и может применяться в сложных гидрогеологических условиях. Он имеет большую теплоту взрыва, чем гранулотол, а в связи с этим и большее взрывное действие. Однако использование алюмотола из-за довольно высокой цены может быть оправдано лишь в комбинированных зарядах при дорогостоящем бурении скважин.

Зерногранулит 30/70 – механическая смесь гранулированных тротила (70%) и аммиачной селитры (30%) – предназначен для применения в скважинах с относительно небольшим количеством воды (не превышающим примерно 30% веса заряжаемого СВ). В таких условиях селитра из зерногранулита растворяется в воде, однако образовавшийся раствор остается между гранулами тротила и участвует во взрыве, увеличивая его разрушающее действие. Использование зерногранулита 30/70 при большой обводненности скважин или значительной проточности воды нецелесообразно, так как существенная часть селитры из ВВ при этом теряется.

Применение гранулотола, алюмотола и зерногранулита 30/70 при взрывании в сухих скважинах нецелесообразно. Кроме того, они намного дороже неводоустойчивых, при взрывании в сухих породах существенно снижается их взрывное действие из-за неполноты реакции разложения ВВ.

Акватола 65/85 поступает с заводов в виде смеси сухих компонентов – аммиачной селитры (АС), тротила и загустителя. Перед применением производится водонаполнение ВВ - перемешивание с дозированным (15% веса сухих компонентов) количеством воды. Поэтому использование акватола 65/85 в больших объемах возможно лишь при механизации его водонаполнения и заряжания. Для этой цели предназначены зарядно-смесительные установки типа «Акватола».

## **ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ**

При работе установки установлена ее работоспособность, но выявлены и недостатки, главными из которых является малая для крупных карьеров производительность и необходимость подъема зарядного шланга из скважин вручную.

Опускание зарядного шланга в скважины связано с недостаточной водоустойчивостью акватола 65/35, который нельзя считать полностью водоустойчивым. При его подаче в верхнюю часть обводненных скважин часть АС из ВВ растворяется. Величина потерь АС зависит от количества воды в скважинах и от температуры акватола. В дальнейшем сказываются также степень проточности воды и время пребывания зарядов в скважинах.

Сильная проточность воды в скважинах, увеличивая потери АС, приводит к нецелесообразности использования в таких случаях акватола 65/35 выше фильтрующего горизонта.

На практике важен вопрос об оптимальной температуре акватола и необходимой температуре воды для водонаполнения сухих смесей. При его решении следует учитывать, что температура водонаполненного акватола влияет на время «схватывания» составов загустителем, чувствительность их к иницирующему импульсу, плотность заряжания, водоустойчивость и текучесть.

Время «схватывания» - желатинизации акватолов с повышением их температуры уменьшается. В установках «Акватола» при хорошем перемешивании составов, в которых подобно акватола 65/35 загустителем является натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), для желатинизации достаточно температуры от нуля до 10°C. С точки зрения чувствительности к инициированию температура акватола 65/35 должна быть выше минус 10-12°C, так как при более низких температурах начинается замерзание состава. Плотность заряжания акватола при повышении его температуры увеличивается, но лишь до определенного предела, которая достигается при температуре плюс 5-10°C. Водоустойчивость акватола, напротив, уменьшается с ростом температуры ВВ. Поэтому по водоустойчивости - фактору, сильно влиявшему на экономичность

применения и область рационального использования, -температура водонаполненных акваторов на КМЦ не должна превышать 0 - плюс 5°C. Текучесть и связанная с ней производительность механизированного заряжения акваторов с помощью плунжерно-диафрагменных насосов с повышением температуры водонаполненного ВВ увеличиваются.

Учитывая все факторы, целесообразно, по мнению авторов, применять акваторы на КМЦ при их температуре в пределах 0 плюс 5°C.

Отсюда следует нецелесообразность нагрева вода для водонаполнения ВВ в установках «Акватор» при температуре сухой акваторной смеси выше 15°C.

Иногда к водостойчивым ВВ относят также аммонит №6ЖВ. Однако в непатронированном виде он не тонет в воде и не может находиться в ней сколько-нибудь продолжительное время без потери взрывных свойств.

С целью устранения недостатков существующих ВВ и повышения экономичности взрывания обводненных пород разработаны и успешно прошли промышленные испытания новые марки акваторов.

Акватор **МГ** представляет собой готовое к применению водонаполненное металлизированное ВВ с большой энергией взрыва. Имея консистенцию крутого теста, он обладает хорошей пластичностью. Упакован акватор **МГ** по 20 кг в двойные полиэтиленовые мешки, укладываемые по два в ящики. Средний диаметр этих мешков-патронов около 20,5 см, длина 45 см.

Акватор этой марки отличается от акватора 65/35 наличием в составе алюминия и натриевой селитры, а также загустителей гуар-гам вместо КМЦ.

Плотность акватора **МГ** составляет 1,35 г/см<sup>3</sup>, средняя плотность заряжения этим ВВ производственных скважин, по результатам испытаний, около 1,25 г/см<sup>3</sup>.

Промышленные испытания акватора **МГ** производились в условиях Сибайского рудника Башкирского медно-серного комбината. Было проведено 13 опытно-промышленных взрывов, на которые использовано около 60 т **нового ВВ**.

Мешки акватора **МГ** без разрезания проходили в скважины, пробуренные шарошечными долотами диаметром 269 мм. При падении в скважину полиэтилен разрывался и акватор плотно заполнял объем скважины.

Трудоемкость заряжения акватора **МГ** около 1 чел.-ч/т, что на 5-10% выше, чем для гранулированного ВВ (из-за необходимости открывать ящики и грузить пустую тару). В то же время заряжение акватора **МГ** значительно проще, чем акватора 65/35, так как нет необходимости в предварительном водонаполнении ВВ.

Температура воздуха в периоды проведения промышленных испытаний изменялась от 21 до -11°C. При снижении температуры акватор **МГ** постепенно твердел, однако пластичность ВВ в указанном диапазоне температур сохранялась.

Вместимость скважин по акватолю МГ непосредственно после зарядания при отрицательных температурах была заметно понижена; затем примерно в течение суток происходило оседание зарядов (для заряда длиной 7-8 м примерно на 1 м), и величина вместимости поднималась до характерных для акватола МГ значений.

Благодаря введению в состав гуар-гама акватола МГ значительно более водоустойчив, чем акватола 65/35. Об этом свидетельствуют результаты стендовых опытов в стеклянных макетах скважин, проведенные при различном количестве воды и различном времени пребывания зарядов в воде. Наблюдения в производственных условиях, где о величине потерь селитры судили по разнице вместимости акватола МГ в сухих и обводненных скважинах, полностью подтвердили результаты стендовых опытов.

Небольшие потери селитры из акватола МГ, его плотная и пластичная консистенция позволяют считать это ВВ пригодным к применению при любой обводненности скважин, в том числе и в случаях значительной проточности воды.

Оценка взрывного действия акватола МГ при промышленных испытаниях производилась по результатам взрывания этим и штатным эталонным ВВ в одинаковых условиях. Опытные взрывы проводились на двух рядом расположенных на уступе участках: на одном использовался для взрывания акватола МГ, на другом - эталонное ВВ. К условиям взрывания, постоянство которых сохранялось, относили состав, блочность (трещиноватость) и крепость взрывааемых пород, диаметр скважин и высоту уступа. Результаты взрывания оценивались в основном по дроблению взорванной массы, а также по ширине развала и производительности экскаваторов.

По результатам опытных взрывов подсчитывался переводной коэффициент удельного расхода ВВ относительно эталонного (зерногранулита 79/21 в сухих скважинах или гранулола в обводненных):

$$K = \frac{q}{q_0}, \quad (1)$$

где  $q$  и  $q_0$  – удельные расходы соответственно акватола МГ и эталонного ВВ во взрывах с одинаковым дроблением, кг/м<sup>3</sup>.

Очевидно, чем больше взрывное действие испытываемого ВВ, тем меньше должна быть величина его переводного коэффициента.

Одинаковое дробление новым и эталонным ВВ достигалось путем соответствующего изменения параметров взрывных работ для акватола МГ: удельного расхода ВВ и сетки расположения скважин.

Опытные взрывы были проведены в крепких породах - спилитах, кварцевых альбитофирах в медно-цинковой руде крепостью 12-16 по шкале

проф. М.М. Протодяконова преимущественно III категории трещиноватости (крупноблочных) по Временной классификации Междуведомственной комиссии по взрывному делу. Высота уступов составляла 10-12 м. Скважины диаметром 269 мм бурили станками СБШ-250, располагая их в один или два ряда.

Акватор МГ во взрывном действии значительно превосходит зерногранулит 79/21 и гранулотол. Поэтому при параметрах, обеспечивающих одинаковое дробление новым и эталонным ВВ, средний удельный расход акватора МГ в опытных взрывах оказался на 24% меньше, а выход взорванной горной массы на 1 м бурения - на 15% больше, чем для эталонных ВВ.

Одним из возможных путей решения проблемы заряжения обводненных скважин неводоустойчивыми ВВ на открытых горных работах является гидроизоляция зарядов ВВ различными водонепроницаемыми материалами, который широко применяется как в зарубежной, так и отечественной практике. Практическая реализация такого возможного способа защиты неводоустойчивых ВВ от воздействия воды сводится к разработке технологии заряжения обводненных скважин, включающей создание вокруг заряда ВВ гидроизоляционной оболочки. Однако гидроизоляция сыпучих промышленных ВВ в процессе заряжения скважин сопряжена с известными трудностями, так как насыпная плотность последнего меньше воды. При заряжении такими ВВ в гидроизоляционную оболочку, размещенную в обводненной скважине, на границе вода-воздух образуется пробка и, таким образом, формирование заряда в обводненной части скважин становится невозможным. В этой связи авторами предложена технология заряжения скважин в обводненных горных породах, сущность которой заключается в предварительном размещении гидроизоляционной оболочки в скважине с последующей подачей неводоустойчивых ВВ от ее устья, исключающей продольное перемещение гидроизоляционной оболочки в процессе формирования колонки заряда. В качестве материала оболочки может быть использована полиэтиленовая пленка, рукавная, цельнотянутая, изготовленная из полиэтилена высокого давления и низкой плотности.

Заряжение скважин любой степени обводненности без предварительного их осушения по предлагаемой технологии может осуществляться с использованием льющихся водосодержащих ВВ, например, типа ифзанитов, ГЛТ и т.п., имеющих плотность больше плотности воды.

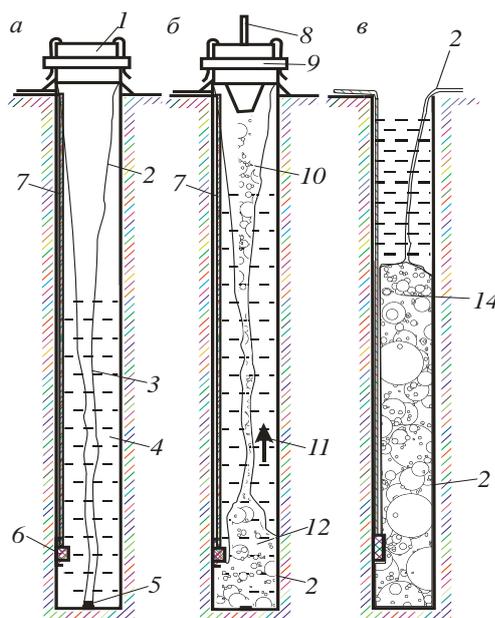
Формирование колонки заряда водосодержащих ВВ в гидроизоляционной оболочке, предварительно размещенной в обводненной скважине, при

заряжании от ее устья (через столб воды) основано на использовании эффекта вытеснения воды поступающим в скважину более плотным ВВ.

Заряжание обводненных скважин (рис.1) водосодержащим ВВ производится через зарядный шланг зарядной машины, введенным в верхний конец рукава, закрепленного на приемном цилиндре. Подаваемое в оболочку водосодержащее ВВ опускается в скважину и, расширяя схлопнувшуюся часть рукавной пленки, достигает дна скважины. Скважина заполняется ВВ по всему ее сечению в направлении снизу вверх.

При этом гидроизоляционная оболочка прижимается к стенкам скважины, а вода, находящаяся в ней, вытесняется вверх колонкой формируемого заряда. Следует отметить, что имеющее место поперечное, а не продольное перемещение гидроизоляционной оболочки исключает ее трение под нагрузкой о стенки скважины и тем самым ликвидирует опасность порыва оболочки. После окончания заряжания верхний конец оболочки освобождается от приемного цилиндра и укладывается на рабочей площадке ближе к какому-либо краю скважины. При необходимости проводятся работы по забойке скважины. Если уровень вытесненной воды достиг устья скважины, забойку можно не применять.

Опытно-промышленной проверке предложения предшествовали лабораторные исследования водонепроницаемости полимерных материалов и детонационных свойств водосодержащих ВВ в оболочках, а также полигонные исследования технологии формирования скважинных зарядов ВВ в гидроизоляционных оболочках, выполненные в ИГД им. А.А.Скочинского.



**Рис. 1. Принципиальная схема формирования гидроизолированного заряда ВВ в обводненной скважине**

а – скважина, подготовленная к заряданию; б – зарядание в оболочку;  
в – заряженная скважина; 1 – приемный цилиндр; 2 – оболочка;  
3 – схлопнувшийся участок оболочки; 4 – вода; 5 – герметизационный узел;  
6 – боевик; 7 – ДШ; 8 – зарядный шланг; 9 – обруч; 10, 11 – направление  
движения соответственно ВВ и воды; 12 – направление формирования колонки  
заряда ВВ; 13 – вытесненная вода; 14 – гидроизолированная колонка заряда ВВ

Известен способ, заключающийся в откачке воды из скважин с помощью насосов или за счет вытеснения воды воздушным потоком. Однако применение этого способа не решает проблемы снижения расхода водоустойчивых ВВ, поскольку сразу же после завершения процесса откачки уровень воды в скважине восстанавливается до начального за счет фильтрационного переноса воды из породного массива.

Существенным недостатком данного способа является низкая производительность и большие энергозатраты на его реализацию. Следует иметь ввиду, что при производстве буровзрывных работ в предварительно осушенном породном массиве, помимо очевидного экономического эффекта, заключающегося в экономии дорогостоящих, водоустойчивых ВВ, достигаются еще и следующие преимущества: возрастает стойкость шарошечного долота на 15-32% за счет проходки скважин в обезвоженном породном массиве, уменьшается количество бракованных скважин по причине завалов на 3-5%, уменьшается выделение и распространение пыли и ядовитых газов при производстве массовых взрывов, что достигается за счет замены токсичного тротила на другие промышленные ВВ.

Известен способ производства буровзрывных работ, предусматривающий в дополнение к базовой технологии, бурение части отбойных скважин станками СБШ-250МН на глубину двух уступов, т.е. глубиной 30 м по сетке 30x40 м (рис. 2).

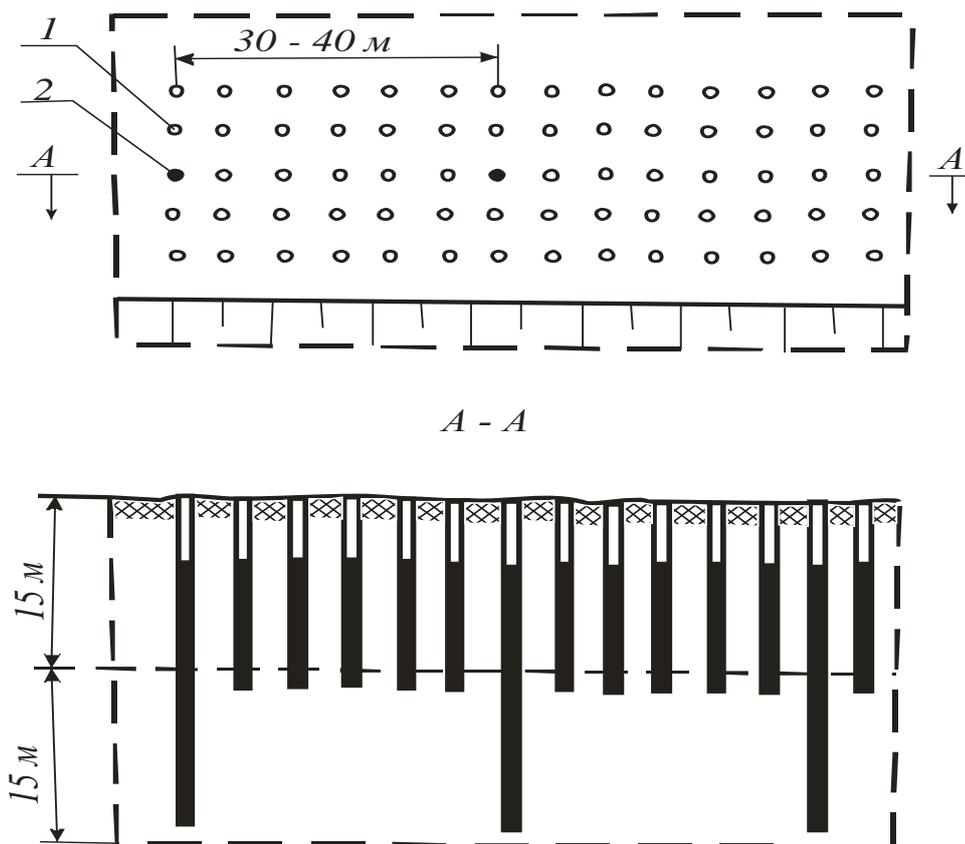


Рис. 2. Технология БВР с бурением части на глубину двух уступов

По этой технологии глубокие скважины заряжаются и взрываются одновременно с основными скважинами. Первоначально основная идея этого технического решения сводилась к предварительному разупрочнению взрывной волной пород нижележащего уступа с целью повышения стойкости шарошечных долот и расширения сетки скважин при перемещении горных работ на нижележащий горизонт. Однако, наряду с ожидаемым эффектом разупрочнения пород нижележащего горизонта, был зафиксирован совершенно неожиданный эффект, заключающийся в осушении нижележащего породного массива. По фактическим результатам в скважинах экспериментального блока практически не было воды, в то время как в скважинах смежных блоков уровень воды достигал 5 м и более. Последующие производственные эксперименты подтвердили полученные ранее результаты и, таким образом, стало понятно, даже в таких труднопроницаемых породах, как железистые кварциты, может быть резко уменьшено путем управления фильтрационными свойствами пород с использованием энергии взрыва.

Авторами работы проведены экспериментальные работы по внедрению технологии буровзрывных работ с предварительным разупрочнением и осушением железистых кварцитов в условиях карьера Михайловского ГОКа. В комбинированной технологии шарошечного бурения и термического

расширения отбойных скважин, по предложению ученых МГГУ и инженеров МГОКа, в пространстве между котловыми скважинами были пробурены дополнительные скважины глубиной 30 м, диаметром 250 мм, по сетке 30x40 м. Общее количество скважин в экспериментальной серии составило 10 шт. Эти скважины были взорваны одновременно с отбойными котловыми зарядами, в результате чего на нижнем горизонте сформировались зоны взрывного разупрочнения пород на микроструктурном уровне, а в местах расположения глубоких скважинных зарядов – зоны раздробленной взрывом породы радиусом 2 м. Затем, через 5-6 месяцев добычные работы переместились на нижележащий, ослабленный взрывом, горизонт, который разрабатывался по базовой технологии буровзрывных работ.

Описанный способ разупрочнения и осушения пород рабочего уступа, несмотря на имеющиеся преимущества, не нашел широкого применения даже в местах производственной апробации. Сложность внедрения объясняется тем, что наряду с организационными проблемами, возникающими при эксплуатации данной технологии, имеют место следующие недостатки. Так, имеет место довольно значительный временной разрыв в 5-6 месяцев и более между моментом бурения глубоких скважин и переходом горных работ на нижележащий горизонт. Вторым, пожалуй, более существенным недостатком является то, что при взрыве дополнительного скважинного заряда в нижележащем массиве рабочего уступа образуется зона разрыхления, что создает некоторые неудобства при проектировании рациональной сети взрывных скважин и их размещении в уступе. Во всяком случае, такая аварийная ситуация однажды имело место на карьере Михайловского ГОКа, что произошло вследствие не согласованности действия проектной и маркшейдерской служб.

Специалистами МГОКа реализованы на практике различные технологические варианты буровзрывных работ, в которых, за счет целенаправленного развития горных работ, создаются условия для понижения уровня воды во взрывных скважинах. Экспериментально доказано наличие эффекта взрывного разупрочнения рабочего уступа, что приводит к повышению стойкости шарошечных долот, а также к практически полному осушению пород рабочего уступа.

Большим достоинством данного технического решения, по сравнению с технологией взрыва глубоких скважин, описанной выше, является то, что эффект осушения уступа реализуется через короткое время и на этом же разрабатываемом горизонте.

Авторами работы разработан новый технологический вариант буровзрывных работ, обеспечивающий предварительное осушение рабочих уступов, который обладает существенными преимуществами по сравнению с вариантами, описанными выше. Главная идея заключается в осушении подготовленного к взрывной отбойке рабочего уступа в привязке к базовой комбинированной технологии шарошечного бурения и термического расширения взрывных скважин. В разработанном технологическом варианте, представленном на рис. 3., предусматривается предварительное шарошечное бурение скважин глубиной 30 м, которые размещают в узлах по проектной сетке взрывных скважин. Затем верхнюю часть глубоких скважин расширяют термическим способом по проекту паспорта формирования котловых зарядов.

Образующиеся в процессе термического расширения скважины, продукты разрушения заполняют нижнюю часть глубокой скважины, а излишние продукты разрушения выносятся на поверхность уступа при продувке скважины. Наконец, после формирования глубоких скважин с термическим расширением заряжаемой части, осуществляют шарошечное бурение и термическое расширение остальных скважин. В процессе буровых работ, на которые уходит, как правило, более двух недель, происходит постепенное осушение пород рабочего уступа и к моменту заряжания скважин уровень воды в скважинах уменьшается вплоть до полного осушения.

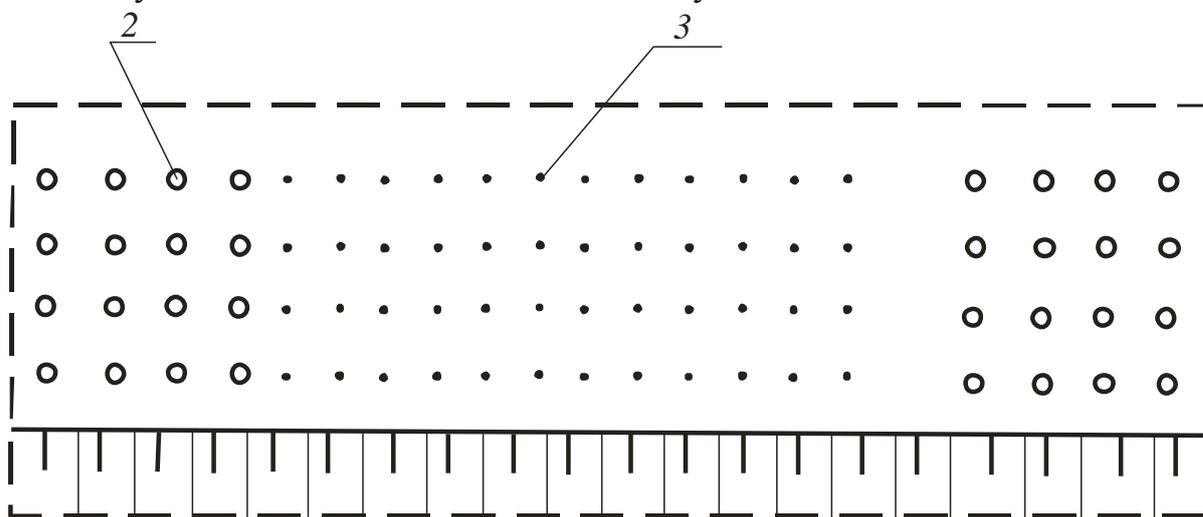


Рис. 3. Технология ведения буровзрывных работ путем предварительного осушения массива горных пород

Авторами работы разработана и изготовлена осушающая зарядная машина, включающая осушающую установку, смонтированную на шасси серийной зарядной машины. Осушение осуществляется путем вытеснения воды из скважин при помощи выхлопных газов двигателя автомобиля и поверхностно-

активного вещества, подаваемых под столб воды по двум радиально расположенным шлангам.

Указанная выше осушающая зарядная машина снабжена также устройством для зарядания неводоустойчивых промышленных ВВ в полиэтиленовом рукаве, позволяющим производить проточку в обводненных скважинах. В рассматриваемой технологии водопонижающие скважины осуществляют фильтрационный перепуск безнапорной воды в направлении дренажного комплекса карьера. Естественно, что достижение положительного эффекта возможно только в том случае, если времени на процесс осушения достаточно при фактической фильтрационной способности породного массива. В тех случаях, когда приемистость водопонижающей скважины мала, имеет смысл осуществить взрывание под столбом воды небольших зарядов ВВ с целью увеличения проницаемости массива. Несомненным достоинством данного технического решения является то, что реализуется осушение рабочего уступа, подготавливаемого к взрыву, что с точки зрения экономической отдачи от вложенных средств на дополнительное бурение глубоких скважин превосходит все известные варианты.

Вместе с тем, преимуществом является повышение эффективности при разработке не только верхнего рабочего горизонта, но и нижележащего, в котором происходит осушение массива в течение длительного времени, предшествующему плановому перемещению горных работ с верхнего горизонта на нижний горизонт. Таким образом, очень важно, что в новом варианте реализуются преимущества еще апробированных вариантов. При этом на нижнем горизонте реализуется новый оригинальный физический процесс, а именно – гидравлический разрыв железистых кварцитов под давлением продуктов взрыва.

## **REFERENCES**

1. The cost of drilling and blasting today's pits. // Engineering and Mining Journal, 1965. – No 9.
2. Ржевский В.В. Открытые горные работы: Ч. II. Технология и комплексная механизация. – М., 2010. – 549 с.
3. Покровский Г.И. Взрыв. – М., Недра, 1980. – 168 с.
4. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. и др. Справочник: Открытые горные работы. – М., Горное бюро, 1994. – 590 с.
5. Оксанич И.Ф., Миронов П.С. Закономерности дробления горных пород взрывом и прогнозирование гранулометрического состава. – М.: Недра, 1983. – 166 с.