## Введение

Начальным процессом технологии добычи скальных пород является их отделение от массива и дробление на куски определенных размеров. В настоящее время на карьерах универсальным и практически единственным высокоэффективным способом подготовки скальных пород к выемке является их разрушение энергией взрыва. Этот способ останется доминирующим и на перспективу 20-25 лет, если не будут открыты какие-либо принципиально новые способы разрушения скальных пород с реализацией больших мощностей. Это объясняется тем, что при взрыве заряда промышленного ВВ массой 1 кг выделяется практически мгновенно мощность более 70 млн. кВт, а при использовании механических, электрических, магнитных и других способов разрушения пород реализуемая мощность составляет только сотни киловатт. Именно поэтому эффективность разрушения взрывом особенно крепких пород несоизмеримо выше, чем другими способами.

Для ведения взрывных работ в массиве пород бурят шпуры, скважины или проходят камеры, в которых размещают, а затем взрывают заряды взрывчатых веществ (ВВ). Трудоемкость буровзрывных работ составляет 10-20% общей трудоемкости добычи. С увеличением крепости пород относительная трудоемкость буровзрывных и, в первую очередь, буровых работ возрастает.

Качество взрыва характеризуется в основном равномерностью и крупностью дробления скального массива, процентом выхода негабарита, состоянием подошвы уступа, шириной развала горной массы. Являясь начальным процессом технологии добычи, взрывание определяет эффективность всех последующих процессов: погрузки, транспортирования, механического дробления и переработки минерального сырья. В настоящее время горные предприятия оснащаются мощными высокопроизводительными буровыми станками, экскаваторами, автосамосвалами и думпкарами. При обычной технологии добычи с использованием для транспортирования породы автосамосвалов или думпкаров время их загрузки экскаватором благодаря хорошему дроблению породы взрывом уменьшается в 1,5-2 раза, а надежность и долговечность их работы возрастает в 2-3 раза. Внедрение на крупных карьерах прогрессивной циклично-поточной технологии, когда транспортирование горной массы из карьера производится мощным ленточным конвейером, особенно эффективно при обеспечении интенсивного равномерного дробления горных пород взрывом.

За последние годы на карьерах обновляется ассортимент промышленных ВВ: вместо порошкообразных ВВ широко применяют гранулированные ВВ заводского изготовления - гранулиты, граммониты, гранулотол, алюмотол. На карьерах все шире внедряется механизированное заряжание и забойка скважин. Увеличивается использование ВВ, приготовляемых горными предприятиями на пунктах, расположенных в непосредственной близости от карьеров, или в зарядных машинах непосредственно на заряжаемых блоках. Это обычные и металлизированные игданиты на основе гранулированной аммиачной селитры, водосодержа-щие ВВ акватолы, акваналы, карбатолы, горячельющиеся ВВ. Все это обеспечивает повышение качества и эффективности взрывов, но одновременно повышает требования к квалификации персонала, выполняющего взрывные работы, к проектной документации по взрывам, способствует быстрейшему внедрению новейших научно-технических достижений в области интенсификации дробления горных пород при массовых взрывах, а также применению ЭВМ при расчетах параметров взрывания и выбора оптимального варианта отбойки.

Весьма интересные работы выполняются по применению взрывов и в других отраслях народного хозяйства: в металлургии, машиностроении, строительстве, тушении лесных и нефтегазовых пожаров.

Сказанное показывает важность и широту использования энергии взрыва как универсального, весьма эффективного по производительности и срокам выполнения, относительно безопасного способа выполнения трудоемких работ, связанных с разрушением и перемещением больших объемов горных пород в горном деле, строительстве и других областях народного хозяйства.

Взрывные работы на карьерах и других объектах должны вестись в строгом соответствии с Едиными правилами безопасности при взрывных работах и Техническими правилами ведения взрывных работ на земной поверхности, регламентирующими основные действия и приемы обращения с ВМ, знание которых обязательно для руководителей и производителей взрывных работ.

## Краткая история развития взрывных работ

Развитие взрывных работ (взрывного дела) происходило в следующих основных направлениях:

- создание промышленных ВВ и средств их инициирования;

- создание средств бурения шпуров и скважин;

- составление классификаций горных пород для оценки их сопротивляемости разрушению при бурении и взрывании;

- разработка теорий детонации промышленных ВВ и разрушения горных пород при их бурении и взрывании.

Первым известным человечеству взрывчатым веществом был черный порох, который использовали вначале для огнестрельного оружия и для разрушения военных укреплений.

Применение пороха в России в созидательных целях началось в середине XVI в. для подрывания на реках скал и камней, мешавших судоходству.

Для подрыва крепостных стен подземными зарядами черный порох впервые применен при осаде Будапешта (1489 г) и Казани (1552 г).

В горном деле черный порох для заряжания шпуров применен впервые в 1627 г. в Германии при проведении штольни.

Бурное развитие промышленности во второй половине XIX в. привело к созданию и производству новых мощных ВВ и СИ. Вот некоторые основные даты: в 1799 г.А. А. Мусин-Пушкин опубликовал один из первых трудов по технологии изготовления ВВ, в 1812 г. в России П.Л. Шилинг впервые применил электрический воспламенитель для взрывания пороховых зарядов; В 1831 г. в Англии Бикфорд изобрел огнепроводный шнур; в 1846 f. в Италии А. Собреро получил тринитроглицерин. В 1853 г. в России Н.Н. Зининым и В.Ф. Петрушевским было предложено ВВ на основе тринитроглицерина, аналогичное по составу динамитам.

Шведский инженер А. Нобель в 1866 г. запатентовал и начал выпускать динамиты на основе тринитроглицерина с добавками 25% кизельгура (инфузорной земли). В 1867 г. Нобель запатентовал детонатор (в виде заряда гремучей ртути) под названием «запал Нобеля». В 1867 г. шведскими химиками И. Ольсеном и И. Норбином были предложены ВВ на основе аммиачной селитры, получившие в дальнейшем название аммонитов. Однако Нобель купил этот патент и более чем на 20 лет задержал внедрение этих ВВ в промышленность.

В 1885 г. в качестве ВВ начали использовать пикриновую кислоту, которую до этого много лет использовали как желтый краситель для тканей. С 1887 г. начали применять тетрил, который с 1906 г. является основным вторичным инициирующим ВВ для изготовления капсюлей-детонаторов и электродетонаторов. Детонирующий шнур для инициирования зарядов ВВ был изобретен в 1879 г.

C 1891 г. начали применять тротил, полученный в 1863 г. Это ВВ было основным для снаряжения боеприпасов в первой мировой и Великой Отечественной войнах. Применяется как основной компонент в аммонитах, как самостоятельное ВВ в гранулированном виде (гранулотол). Наиболее мощные ВВ гексоген и ТЭН были получены в конце XIX в. ТЭН применяется для изготовления капсюлей-детонаторов с начала XX в., а с 1930 г. - для изготовления детонирующего шнура. Гексоген как ВВ применяется с 1920 г. Область применения этих ВВ расширяется. С 30-х годов в нашей стране происходит постепенная замена нитроглицериновых динамитов на более безопасные ВВ на основе аммиачной селитры:

аммониты (смесь тротила, селитры и горючего) и динамоны (смесь селитры и горючего). Эти ВВ к концу 50-х годов стали основными для карьеров.

Большая заслуга в разработке аммонитов и динамонов принадлежит канд. техн. наук В.А. Ассонову. Динамоны, известные с 30-х годов, особенно широко применялись в период Великой Отечественной войны, когда страна испытывала недостаток в других ВВ. С 1953 г. динамоны не применяются из-за расслаиваемое™ заряда в скважине при заряжании. К применению простейших ВВ, не содержащих тротил, отечественная промышленность приступила снова в конце 50-х годов на основе работ акад. Н.В. Мельникова, проф. Г.П. Демидюка и других специалистов, исследовавших взрывчатые свойства смеси 94% гранулированной аммиачной селитры и 6% солярового маслаг получивших название игданиты.

С середины 50-х годов начата разработка группы аммиачно-селитренных ВВ заводского изготовления: мощных скальных аммонитов с добавками гексогена, гранулитов и граммонитов на основе гранулированной аммиачной селитры, грубодисперсных водосодержащих и горячельющихся ВВ. Пониженная по сравнению с порошкообразными чувствительность гранулированных ВВ, хорошая сыпучесть и малое пыление при заряжании позволили успешно решать задачи механизации взрывных работ на карьерах и рудниках. Для инициирования зарядов ВВ пониженной чувствительности были созданы промежуточные детонаторы в виде прессованных или литых цилиндрических шашек из тротила и гексогена. Для взрывания обводненных массивов применяют гранулированные тротил (гранулотол) и алюмотол. Разработаны и широко используются пиротехнические замедлители типа КЗДШ для короткозамедленного взрывания с помощью ДШ.

В XIX в. для размещения зарядов на карьерах осуществлялось малопроизводительное бурение шпуров бурильными молотками. С 20-х годов XX в. в СССР начинает внедряться ударно-канатное бурение скважин диаметром 150 мм, а затем до 300 мм. Этот способ бурения был основным до начала 60-х годов. В 50-х годах на угольных разрезах по мягким породам начинают успешно применять станки вращательного шнекового бурения, а с 60-х годов - станки для бурения скважин диаметром 150-300 мм шарошечными долотами. Одновременно велись испытания станков с погружными пневмоударниками для бурения скважин диаметром 105-160 мм, станки огневого бурения, а затем более эффективного огневого расширения скважин, пробуренных шарошечными станками до диаметра 400-500 мм.

В настоящее время на карьерах до 80% объемов буровых работ выполняется шарошечными станками, а остальной объем - станками шнекового и пневмоударного бурения.

В середине XIX в. создана первая классификация горных пород рудников Колывано-Воскресенских заводов по трудоемкости их добычи (добываемости).

Проф.М. М. Протодьяконов в 1911 г. опубликовал первую научно обоснованную классификацию горных пород по крепости, до настоящего времени широко применяемую в горной промышленности.

В 40-50-х годах проф. А.Ф. Сухановым разработаны методические основы и созданы единые классификации горных пород по буримости и взрываемости, которые явились методической основой для составления таких классификаций для отдельных предприятий и бассейнов с целью нормирования этих видов работ.

На основе базовых свойств горных пород акад.В. В. Ржевский разработал фундаментальные основы составления и создал классификации горных пород по трудности их разрушения при бурении и взрывании.

Эти работы позволили, исходя из свойств пород, рассчитывать рациональные режимы бурения, параметры взрывания, затраты на погрузку и переработку полезных ископаемых и являются дальнейшим развитием работ в области классификации пород.

Расчетные методы при взрывании широко применялись французскими военными инженерами в минно-подрывном деле с XVII в. В дальнейшем формулы, выведенные для условий взрывания грунтов, стали применять в горном деле.

М.В. Ломоносов в 1749 г. впервые дал физическое объяснение явления взрыва и его действия на окружающую среду. В 1871 г.М. М. Боресков на основе работ М.М. Фролова предложил формулу для расчета зарядов на выброс, которой широко пользуются до настоящего времени.

Особенно крупные успехи в развитии теории и практики взрывных работ достигнуты после Великой Октябрьской социалистической революции. Советские ученые академики Н.Н. Семенов, Я.Б. Зельдович, Ю.Б. Харитон, М.А. Садовский, М.А. Лаврентьев, Н.В. Мельников, чл. -корр. АН СССР Л. Я - Компа-неец и другие выполнили цикл фундаментальных работ, по описанию сущности детонации зарядов ВВ, действию взрыва в непосредственной близости от заряда и на разных расстояниях от него. Большой вклад в анализ физических явлений, связанных с действием взрыва на горную породу, а также в создание методов расчета зарядов для различных условий сделали д-ра техн. наук А.Ф. Беляев, Ф.А. Баум, Б.М. Шехтер, К.К. Андреев, Г.П. Демидюк, М.М. Докучаев и др.

Интересные работы по моделированию действия взрыва методами электрогидродинамических аналогий (ЭГДА) выполнены проф.О.Е. Власовым.

Фундаментальные исследования механизма разрушения горных пород взрывом проведены проф.Г.И. Покровским и развиты в трудах профессоров А.Н. Ханукаева, В.Н. Мосинца, Ф.И. Кучерявого, М.Ф. Друкованного, чл. -корр. АН УССР Э.И. Ефремова и др.

С 1952 г. на карьерах СССР начинает внедряться короткозамед-ленное взрывание, что позволило обеспечить переход от однорядного к многорядному взрыванию, существенно увеличить масштабы взрывов и улучшить степень дробления пород.

Проводятся систематические исследования по разработке методов регулирования степени дробления горных пород взрывом на карьерах. Изучается изменение степени дробления различных по трещиноватости и крепости горных пород в зависимости от диаметра заряда, расхода и типа ВВ, сетки расположения и конструкции зарядов, интервала и схемы замедления, точки инициирования и т.д. Эти работы являются научно-инженерной основой для расчета и проведения взрывов с получением заданной крупности дробления, массива.

Приоритетные работы по развитию и совершенствованию взрывов на выброс проводят специалисты треста Союзвзрывпром. Так, в 1952-1953 гг. взрывами трех серий зарядов на выброс на Алтын-Топканском полиметаллическом месторождении при ЛНС отдельных зарядов, превышающих 50 м, и массе зарядов до 1600 т было взорвано и выброшено более 1 млн. м3 горной породы. За счет этого срок ввода карьера в строй сократился на 16 мес, а себестоимость вскрытия снижена на 40%.

Широко используются взрывы на выброс и сброс для перемещения больших масс грунта при строительстве плотин, насыпей и т.п.

В 1966 и 1967 гг. под Алма-Атой на р. Малая Алмаатинка в ущелье Медео были проведены два взрыва серий зарядов для создания противоселевой плотины. Общая масса зарядов первого взрыва правого берега 5290 т при ЛНС основного заряда 85 м, а второго левобережного взрыва 3946 т при ЛНС, равной 46 м. В результате взрывов разрушено и сброшено в тело плотины около 3 млн. м3 скальных пород (1,6 млн. м3 первым и 1,4 млн. м3 вторым) и была образована плотина средней высотой 84 м, шириной поверху около 100 м и понизу около 500 м. Эта плотина в 1973 г. задержала селевой поток огромной мощности (5 млн. м3) и спасла г. Алма-Ату от катастрофических разрушений.

В 1968 г. на р. Вахш взрывом на сброс серий зарядов общей величиной 2000 т образована каменно-набросная плотина. Объем плотины оказался около 1,5 млн. м3.

Большие объемы грунтов были выброшены взрывами на выброс при строительстве Аму-Бухарского канала и других мелиоративных сооружений в Средней Азии.

В разработке научно-инженерных основ применения крупных взрывов на выброс и сброс советские ученые занимают ведущее место в мире.

Последние 15-20 лет развиваются новые направления использования энергии взрыва ВВ в народном хозяйстве для взрывного упрочнения поверхностного слоя металлических конструкций (стрелочных переводов, зубьев ковшей экскаваторов, брони дробилок, и т.д.) с использованием ВВ для сварки и резки металлических конструкций и труб с использованием детонирующих шнуров в металлической оболочке с продольной кумулятивной выемкой, получения новых материалов.

Области применения энергии взрыва ВВ непрерывно увеличиваются, а объемы потребления в народном хозяйстве промышленных ВВ и СИ растут.

## Литература

1. Б.Н. Кутузов «Взрывные Работы»