РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель	
Л.А. ПУЧКОВ	*президент МГГУ, чл.-корр. РАН*
Зам. председателя	
Л.Х. ГИТИС	*директор Издательства МГГУ*
Члены редсовета	
И.В. ДЕМЕНТЬЕВ	*академик РАЕН*
А.П. ДМИТРИЕВ	*академик РАЕН*
Б.А. КАРТОЗИЯ	*академик РАЕН*
А.В. КОРЧАК	*академик МАН ВШ*
М.В. КУРЛЕНЯ	*академик РАН*
В.И. ОСИПОВ	*академик РАН*
В.Л. ПЕТРОВ	*академик МАН ВШ*
Э.М. СОКОЛОВ	*академик МАН ВШ*
К.Н. ТРУБЕЦКОЙ	*академик РАН*
В.А. ЧАНТУРИЯ	*академик РАН*
Е.И. ШЕМЯКИН	*академик РАН*

Б.Н. Кутузов

ИСТОРИЯ ГОРНОГО И ВЗРЫВНОГО ДЕЛА

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела в качестве учебника для студентов вузов, обучающихся по специальности «Взрывное дело» направления подготовки «Горное дело»

Москва
♦
Издательство
Московского государственного
горного университета
♦
Издательство «Горная книга»
♦
2008



ВЗРЫВНОЕ ДЕЛО

УДК 622.235
ББК 33.133
К 95

Издано при финансовой поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках Федеральной целевой программы «Культура России»

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (ОСТ 29.124—94). Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей № 77.99.60.953.Д.008501.07.07

Экспертиза проведена Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела (письмо № 51-33/6 от 07.04.2008)

Рецензенты:
• д-р техн. наук, проф. *В.И. Комащенко* (Российский государственный геологоразведочный университет);
• д-р техн. наук *Н.Н. Казаков* (ИПКОН РАН)

Кутузов Б.Н.

К 95 История горного и взрывного дела: Учебник для вузов. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, издательство «Горная книга», 2008. — 414 с. (ВЗРЫВНОЕ ДЕЛО)

ISBN 978-5-7418-0537-4 (в пер.)
ISBN 978-5-98672-105-7

Приведены краткие сведения о развитии горного дела, включая проведение горных выработок и системы разработки, о породах и полезных ископаемых, способах разрушения твердых горных пород.

Изложены материалы о дымном и бездымном порохах как первых средствах для использования в военном и горном деле.

Содержатся данные о динамитах А. Нобеля и российских ученых, об аммонитах и ВВ, не содержащих химических ВВ. Освещена история развития средств инициирования зарядов. Рассмотрены области применения взрывов в горном деле, строительстве и промышленности. В особый раздел выделены библиографические сведения об ученых и инженерах-взрывниках СССР и России. В заключительной части описаны способы бурения отверстий, шпуров, скважин на Земле и других планетах.

Б.Н. Кутузов — доктор технических наук, профессор кафедры «Разрушение горных пород взрывом» Московского государственного горного университета.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Взрывное дело» направления подготовки «Горное дело». Может быть полезен инженерам-взрывникам, работающим на горных предприятиях.

УДК 622.235
ББК 33.133

ISBN 978-5-7418-0537-4
ISBN 978-5-98672-105-7

© Б.Н. Кутузов, 2008
© Издательство МГГУ, 2008
© Издательство «Горная книга», 2008
© Дизайн книги. Издательство МГГУ, 2008

ВВЕДЕНИЕ

Развитие человеческого общества неизбежно связано с развитием различных отраслей народного хозяйства и промышленности, в первую очередь горной, военной, металлургической и машиностроения. Однако исходным для формирования промышленного потенциала всех стран стало развитие открытой и подземной добычи из недр Земли твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых, которые являлись минеральным сырьем для всех отраслей промышленности. Эти полезные ископаемые необходимо было найти в недрах Земли (геолого-разведочные работы), провести комплекс выработок путем разрушения горных пород от поверхности до месторождения, а затем разрушать и извлекать их на поверхность для переработки на дробильно-обогатительных фабриках и металлургических заводах. Военная промышленность создавалась для завоевания и обороны; металлургия и машиностроение обеспечивали необходимое оснащение армии стрелковым оружием. Но с определенным опережением развивалась химическая промышленность, производившая сначала пиротехнические составы для создания фейерверков, а затем пороха (черные и бездымные) для стрелкового оружия. Однако крупнокалиберные ядра для увеличения разрушительного эффекта требовали снаряжения их взрывчатыми веществами, а потому вслед за порохами химики создали целую группу ВВ разной мощности для снарядов. Надежность взрыва обеспечивали взрыватели ударного (накольного) действия.

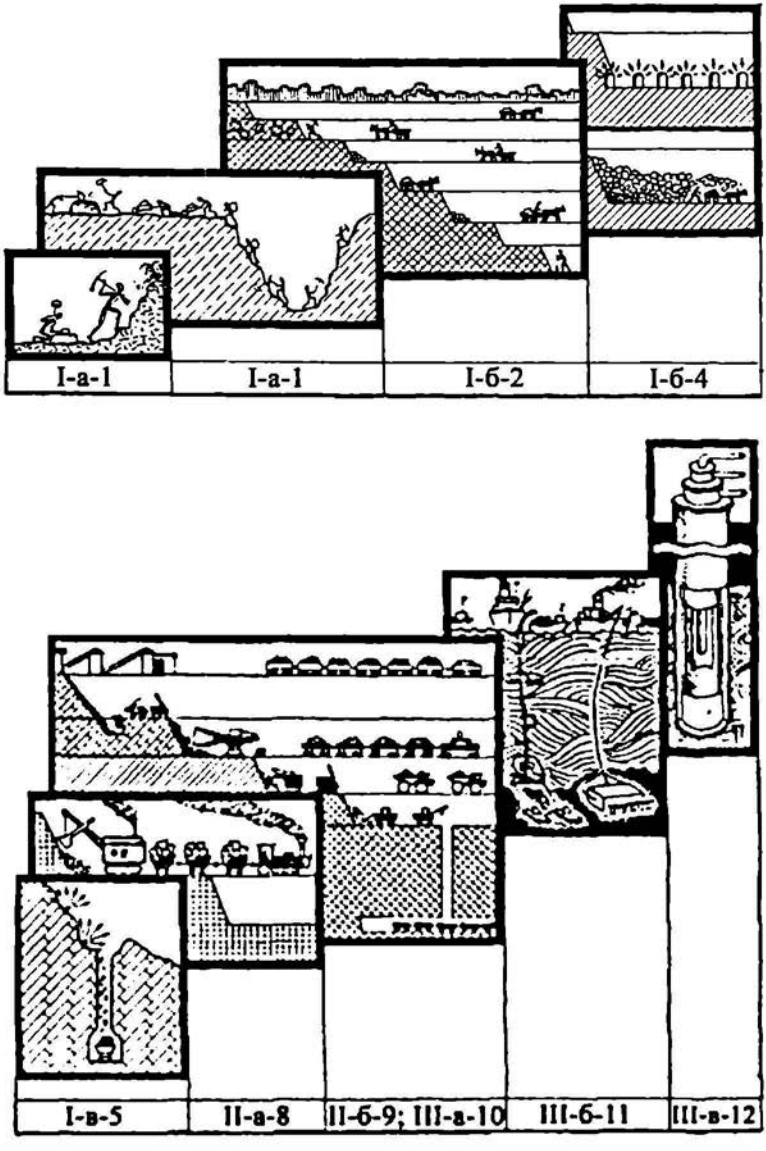
В этой последовательности развивалось взрывное дело в мире и России. Следует также подчеркнуть, что без взрывного дела невозможно было добывать полезные ископаемые, необходимые для металлургии, машиностроения, изготовления вооружения, машин, оборудования, продуктов химической и строительной промышленности. Таким образом, взрывное дело явилось и остается до настоящего времени основой (базисом) промышленного развития стран. В последнее десятилетие этого достигают, причем очень высокими темпами, Китай, Индия, Бразилия, страны юго-восточной Азии и др. Причем в первоначальный период все страны базируют свою промышленность на собственных запасах минерального сырья, а затем идет процесс многоплановой кооперации по полезным ископаемым, промышленному производству, исходя из наличия и стоимости рабочей силы, обеспеченности производства энергетическими и пищевыми ресурсами.

В практике большинства развитых стран идет мировая глобализация производства, а также кооперация с менее развитыми странами с учетом возможности использования их пищевых, сырьевых ресурсов, а также рабочей силы.

Это определенным образом касается и нашей страны, которой необходимо разумно распоряжаться своими сырьевыми ресурсами посредством взаимовыгодного обмена с целью получения технологий и техники, которые недостаточно развиты в России.

Об этом сейчас много пишут в газетных статьях и выступают руководители государства, а потому развивать этот вопрос в данной книге нет необходимости.

Основные этапы развития горного и взрывного дела в нашей стране с его зарождения до настоящего времени показаны на рисунке и в таблице, приведенных в работе [1] академика В.В. Ржевского.



Развитие основных способов и средств выемочно-транспортных работ на открытых горных разработках

Таблица

Развитие основных способов и средств выемочно-транспортных работ на открытых горных разработках в дореволюционной России и в СССР (см. рисунок)

Индекс класса	Основные способы производства	Средства (методы) выемочно-транспортных работ	Период
I	Открытые разработки с применением ручного труда:		
	а) исключительно ручной труд на всех процессах	1. Простейшие орудия ручного труда	Со времен каменного и бронзового веков
	б) ручной труд на выемочно-погрузочных работах в сочетании с конным (гужевым) транспортом	2. Постепенное совершенствование орудий ручного труда и тележек (вплоть до «грабарок» и «колымажек»; вместимость кузовов 0,33—0,5 м^3)	Бронзовый и железный век (2-е тысячелетие до н. э. — 20—30-е годы XX столетия)
	в) ручной труд с использованием силы взрыва:	3. Первое использование взрывных (порохострельных) работ на карьерах (простейшие методы взрывных работ)	С конца XVII столетия.
	• для отбойки породы		За исключением отдельных случаев — до внедрения механизации погрузочно-транспортных процессов
	• для отбойки и доставки породы с верхних рабочих горизонтов силой взрыва	4. Слоевое обрушение породы на подошву карьера (метод минных или камерных зарядов)	
		5. Способ «горных воронок» — «глорихолл» (метод шпуровых зарядов)	
	г) преимущественно ручной труд с частичной механизацией отдельных операций	6. Первые попытки механизации выемочно-транспортных работ (первые паровые экскаваторы на железнодорожном ходу с ковшом вместимостью $E_к$ = = 0,5÷1,5 м^3; простейшие вагонетки вместимостью 0,5—1 м^3 узкой колеи; механические подъемники)	То же, до внедрения механизации погрузочных работ. Вторая половина XIX–начало XX столетия

		7 . Механическое бурение шпуров, а в дальнейшем — скважин (первые буровые механизмы)	Рубеж XIX—XX столетий
II	Механизированные карьеры: а) механизация основных (наиболее трудоемких) процессов	8. Буровые станки ударно-канатного бурения. Паровые экскаваторы ($E_к$ = 1,5÷3 м^3). Автосамосвалы грузоподъемностью 1,5—3 т. Железнодорожный транспорт узкой и широкой колеи преимущественно с паровой и тепловозной тягой (вагоны $E_в$ = 2,5÷5 м^3 узкой и грузоподъемностью 20 т — широкой колеи)	30-е годы XX столетия
	б) комплексная механизация основных и вспомогательных процессов	9. Высокопроизводительные буровые станки вращательного и огневого бурения. Карьерные ($E_к$ = 20 м^3), шагающие ($E_к$ от 10—25 до 80—100 м^3) и вскрышные ($E_к$ до 35 м^3) экскаваторы. Автосамосвалы грузоподъемностью 27—40 т. Железнодорожный транспорт с электрической и тепловозной тягой; думпкары грузоподъемностью 80—100 т (100—180 т). Конвейерный и различные виды комбинированного транспорта. Механизация вспомогательных процессов	50—60-е годы XX столетия

Окончание таблицы

III	Горные разработки будущего; а) карьеры ближайшего будущего — мощные высокомеханизированные карьеры с централизованной автоматической системой управления, комплексным использованием сырья и охраной (восстановлением) окружающей среды	10. Высокопроизводительные, автоматизированные буровые установки. Мощные навесные тракторные рыхлители. Карьерные ($E_к$ =20 м^3 и более), шагающие ($E_к$ = 100÷120 м^3 и более) и вскрышные ($E_к$ =100 м^3 и более) экскаваторы. Роторные комплексы производительностью свыше 10—15 тыс. м^3/ч. Пневмоколесные карьерные погрузчики ($E_к$ > 20 т) мощностью более 1000 л. с. (730 кВт) Автосамосвалы грузоподъемностью 100—200 т и автопоезда до 500 т и более. Железнодорожный транспорт (думпкары до 200 т и более, тяговые агрегаты постоянного и переменного тока со сцепной тягой более 400 т). Самоходные дробильные и грохотильные установки, серии ленточных конвейеров производительностью 20 тыс. м^3/ч и более	80-е годы XX столетия

	б) добыча полезных ископаемых со дна морей и океанов	11. Плавучие и подводные механизированные установки: драги различных типов, плавучие платформы с добычным оборудованием, земснаряды, подводные самоходные установки и т. д. 12. Добыча полезного ископаемого через скважины расплавлением, растворением, выщелачиванием, перегонкой и т. д.	Конец XX — начало XXI столетия
	в) горные предприятия более отдаленного будущего, работающие на принципе физико-химических методов (процессов) добычи полезных ископаемых из недр земли с управлением с поверхности		XXI столетие

История взрывного дела, как отрасль техники, охватывающая комплекс процессов, связанных с применением энергии взрыва ВВ в народном хозяйстве, включает весьма широкий круг вопросов, основные из которых можно обобщить в следующих разделах книги:

- элементы горного дела;
- основные термины и понятия;
- свойства горных пород, определяющие их эффективность при бурении и взрывании;
- классификация горных пород;
- создание средств и способов разрушения крепких пород без применения взрыва;
- создание порохов и взрывчатых веществ;
- создание средств инициирования зарядов;
- создание машин и инструмента для бурения шпуров и скважин с целью размещения зарядов ВВ во взрываемом массиве горных пород;
- создание машин и механизмов для изготовления ВВ, производства, транспортировки и заряжания шпуров и скважин;
- разработка методов определения свойств взрываемых массивов;
- разработка теорий действия взрыва заряда ВВ на массив горных пород и методов расчета зарядов: глубинных, рыхления, выброса;
- разработка методов проектирования взрывных работ;
- разработка технологий ведения взрывных работ;
- разработка правил безопасности выполнения взрывных работ;
- разработка физических методов разрушения.

Ученым и исследователям, участвовавшим в создании указанных разделов взрывного дела, как ведущей отрасли горной промышленности, не упомянутым в книге, автор заранее приносит извинения, т.к. отметить всех — это непосильная задача даже для энциклопедии.

Автор приносит благодарность доц. Д.Д. Гализину, безвременно ушедшему из-за тяжелой болезни, за большое участие в подборе материалов для книги, а также аспиранту Павлу Брагину, внесшему большой вклад в оформление материалов книги при ее подготовке к печати.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ

Отбойка и дробление скальных пород при их разработке производятся с помощью зарядов ВВ, размещаемых в шпурах, скважинах или камерах.

Шпур — искусственное цилиндрическое углубление в горной породе или бетоне, кирпичной кладке диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м, пробуренное, как правило, бурильным молотком или сверлом.

Скважина — искусственное цилиндрическое углубление диаметром более 75 мм при глубине до 5 м и любого диаметра при глубине более 5 м, пробуренное, как правило, буровым станком.

Для размещения больших зарядов ВВ (от нескольких до сотен и тысяч тонн) с поверхности проходят выработки, в которых создают специальные камеры, как правило, прямоугольной или сводчатой формы в поперечном сечении. Их проходят из горизонтальных выработок — штолен — сечением не менее 1,2 $м^2$ или из вертикальных — шурфов — сечением не менее 1,0 $м^2$. Объем выработок составляет от 10 до 1000 $м^3$ и более.

Бурение — процесс последовательного разрушения породы буровым инструментом на забое шпура или скважины и удаления продуктов разрушения на поверхность водой, воздухом или шнеками.

Буровые работы — совокупность технологических операций по установке буровой машины на ось скважины, бурение ее на полную глубину, подъем бурового става и переезд на точку расположения следующей скважины.

Безопасные расстояния при взрывных работах определяют по специальным методикам для людей и оборудования. За пределами этих расстояний при выполнении взрыва в соответствии с проектом (паспортом) исключаются травмирование людей и повреждение оборудования.

Взрывные работы — совокупность технологических операций по подготовке и производству взрыва: составление проекта, доставка ВМ на заряжаемый блок, заряжание и забойка скважин, шпуров или камер с установкой в них детонаторов,

монтаж взрывной сети (цепи) и ее инициирование после удаления всех людей на безопасное расстояние от взрыва.

Взрывник — рабочий определенного возраста, стажа работы на горном предприятии, образования, допущенный медиками к обращению с ВМ, получивший «Единую книжку взрывника», дающую ему право после месячной стажировки на самостоятельное получение ВМ и ведение взрывных работ.

Буровзрывные работы — совокупность технологических операций, выполняемых при буровых и взрывных работах.

Забойка — процесс заполнения свободной части зарядной полости (шпура, скважины или камеры) инертным забоечным материалом, препятствующим при взрыве преждевременному вылету из нее газов взрыва, продуктов детонации и улучшающим за счет этого эффективность работы взрыва. Так же называют инертный материал для производства забойки (песок, глина, мелкая порода и т.д.).

Заряд ВВ — определенное количество ВВ, подготовленное к взрыву, с введенным в него инициатором. Величина (масса) заряда указывается в килограммах или тоннах.

Заряжание — процесс размещения заряда в зарядной камере.

Накладным (наружным) называют заряд, размещаемый на поверхности взрываемого объекта.

Внутренним называют заряд, размещенный внутри взрываемого объекта, в шпурах, скважинах или камерах.

Сосредоточенным называют заряд, имеющий форму куба или шара. Такой заряд может иметь форму цилиндра, длина которого не превышает его трех диаметров, или параллелепипеда с тем же соотношением размеров. Если длина заряда больше указанных величин, то его называют **удлиненным** (колонковым).

Сплошным называют заряд, не разделенный промежутками.

Рассредоточенным называют заряд, отдельные части которого разделены промежутками (участками) воздуха, воды, породы, дерева и т.п.

Взрывчатыми веществами называют химические соединения или механические смеси, которые под действием внешнего импульса (нагревание, удар, искры огня) способны взрывать-

ся. Взрыв промышленных ВВ протекает в форме детонации, которая распространяется со сверхзвуковой скоростью по всей массе ВВ.

Взрывом ВВ называют его чрезвычайно быстрое (сверхзвуковое) химическое превращение, при котором выделяются тепло и большое количество сжатых газов, способных производить механическую работу разрушения и перемещения окружающей среды.

Взрывоопасные газы — горючие газы, способные образовать с воздухом взрывчатую смесь. В рудничной атмосфере могут находиться следующие взрывчатые газы: бутан, водород, метан, оксиды углерода, пропан, сероводород, этан, этилен и другие углеродные газы и пары.

Взрывание — процесс инициирования зарядов в заданной последовательности способами, обеспечивающими безопасность и эффективность выполнения этих работ.

Детонация — распространение взрыва по заряду ВВ с постоянной сверхзвуковой скоростью, обусловленное прохождением детонационной волны.

Детонационная волна — ударная волна сжатия, распространяющаяся по заряду со сверхзвуковой постоянной скоростью, обеспечивающая возникновение за передним фронтом волны быстрой химической реакции ВВ, т.е. детонационная волна представляет собой совокупность ударной волны и следующей за ней зоны химического превращения ВВ.

Ударная волна — однократный скачок уплотнения, распространяющийся по среде со сверхзвуковой скоростью, на фронте которого происходит мгновенное изменение (увеличение) давления плотности и температуры среды. При этом частицы среды движутся вслед за фронтом ударной волны.

Для возбуждения взрыва зарядов промышленных ВВ в них размещают средства инициирования (капсюли-детонаторы, электродетонаторы, детонирующий шнур) или специальные промежуточные детонаторы.

Взрывчатыми материалами (ВМ) называют совокупность ВВ и средств инициирования, включая промежуточные детонаторы.

Средства инициирования (СИ) — небольшие заряды высокочувствительных ВВ, размещенные в гильзах (капсюли и электродетонаторы) или шнурах (детонирующие шнуры) с вмонтированным в них или подсоединенным к ним средством возбуждения их детонации, которая порождает взрыв (детонацию) зарядов промышленных ВВ. Для низкочувствительных ВВ применяют промежуточные детонаторы массой 400—800 г, изготовленные из прессованного тротила или смеси тротила с гексогеном, баллиститного пороха и др.

Капсюль-детонатор — небольшой заряд чувствительных инициирующих ВВ, размещенный в металлической или картонной гильзе.

Электродетонатор — совокупность капсюля-детонатора с вмонтированным в нем электровоспламенителем. В электродетонаторах короткозамедленного и замедленного действия между инициирующим ВВ и электровоспламенителем размещен замедляющий состав.

В электронных детонаторах размещен накопительный конденсатор, разряд которого происходит на мостик накаливания, а время замедления устанавливают встроенной микросхемой, которая обеспечивает высокоточное замедление до 1 мс. Общее время замедления может достигать 10 с.

Детонирующий шнур — шнур с сердцевиной из мощного чувствительного ВВ, предназначенный для инициирования зарядов ВВ непосредственно или с помощью промежуточных детонаторов. Взрывается от КД или ЭД.

Огнепроводный шнур — шнур с прессованной пороховой сердцевиной, которая горит с определенной скоростью.

Зажигательная трубка — капсюль-детонатор с введенным и закрепленным в нем отрезком огнепроводного шнура.

Огневое взрывание — способ инициирования зарядов с помощью зажигательных трубок, огнепроводные шнуры которых поджигаются взрывником непосредственно или с использованием зажигательных патронов.

Зажигательный патрон — картонный стаканчик с пороховой лепешкой на дне, позволяющей поджигать одновременно несколько отрезков шнуров зажигательных трубок.

Электроогневое взрывание — способ инициирования зарядов с помощью зажигательных трубок, огнепроводные шнуры которых поджигаются электровоспламенителями.

Электрозажигательный патрон — зажигательный патрон с вмонтированным в пороховой лепешке электровоспламенителем.

Электрическое взрывание — способ инициирования зарядов с помощью электродетонаторов, соединенных в электровзрывную сеть (цепь).

Неэлектрические волноводные системы инициирования (СИНВ, «Нонель») — комплекс средств, состоящих из трубчатого волновода, детонаторов малой мощности для монтажа сети и повышенной мощности для инициирования шашек промежуточных детонаторов или зарядов ВВ, разветвителей сети и средств инициирования волновода (КД, ЭД, устройства конденсаторного типа или с капсюлем-жевело). По существу, это аналог сети из ДШ.

Трубчатый волновод — одно- или многослойная трубка, на внутренней поверхности которой напылен тонкий слой инициирующего состава, передающий взрывную волну со скоростью 2000 м/с без разрушения трубки, надежно инициируя все детонаторы системы.

Взрывная сеть представляет собой соединение по определенной схеме инициаторов зарядов наружных, шпуровых, скважинных или камерных. При электрическом и электроогневом взрывании — это сеть из проводов с детонаторами и подсоединенным к ним источником тока. При взрывании детонирующим шнуром это магистральные линии ДШ с подсоединенными к ним отрезками ДШ от боевиков зарядов ВВ. При СИНВ, «Нонель» — это смонтированная сеть из волновода с детонаторами малой мощности, от которой идут волноводы к зарядам ВВ или ПД с детонаторами повышенной мощности.

Детонатор — средство для возбуждения детонации в заряде промышленного ВВ. Это штатные СИ (КД, ЭД и ДШ), патроны-боевики и промежуточные детонаторы.

Патрон-боевик — патрон ВВ с введенным в него КД, ЭД или обвязанный детонирующим шнуром. От патрона-боевика детонируют остальные патроны ВВ в заряде или весь заряд.

Промежуточный детонатор– небольшой заряд ВВ (от 0,2 до нескольких килограммов), предназначенный для инициирования зарядов низкочувствительных промышленных ВВ (гранулированных, водосодержащих), которые не детонируют от штатных средств инициирования. ПД безотказно детонируют от штатных СИ.

Доставка ВМ — совокупность погрузочных, транспортных и разгрузочных операций с использованием железнодорожного, авто- и других видов транспорта, а также перенос персоналом ВВ и СИ.

Единая книжка взрывника — удостоверение, получаемое рабочим, имеющим производственный стаж, после обучения на курсах, сдачи квалификационной комиссии экзамена и прохождения месячной стажировки под руководством опытного взрывника, дающее ему право самостоятельного получения ВМ и ведения взрывных работ.

Мастер-взрывник — рабочий-взрывник, имеющий право самостоятельного получения ВМ и ведения взрывных работ в условиях угольных шахт, опасных по взрыву газа или пыли. Имеет больший возраст и стаж работы, чем взрывник.

Персонал для взрывных работ — инженерно-технические работники, взрывники и вспомогательные рабочие, которые руководят подготовкой и организацией проведения взрыва, выполняют заряжание, забойку зарядов, монтаж и проверку взрывных сетей, охрану запретной и опасной зон, подачу сигналов, осматривают и обеспечивают приведение забоя в безопасное состояние, ликвидируют в случае обнаружения отказавшие заряды.

Паспорт буровзрывных работ — инструктивный документ, регламентирующий порядок производства буровых и взрывных работ шпуровым методом при проведении подземных выработок и других небольших взрывов на земной поверхности, содержащий схему расположения шпуров, их число и диаметр, глубину и угол наклона к продольной оси выработки, наименование ВВ и СИ, массу зарядов, количество и величину интерва-

лов замедления при взрывании, материал забойки и ее длину, величину радиуса зоны, опасной по разлету кусков породы, указания о месте укрытия взрывника (мастера-взрывника) и рабочих на время взрыва, времени для проветривания забоя, расположения постов оцепления.

Типовой проект взрывных работ — совокупность документов, в которых приведена классификация разрабатываемых пород по взрываемости, расчетные удельные расходы ВВ для каждой категории, диаметр, сетка расположения скважин, величина зарядов, схема взрывания блоков, организация работ и распорядок работ при подготовке и проведении взрыва, сигнализация и охрана опасной зоны. Указаны ответственные лица за каждый вид работы.

Ядовитые газы образуются в основном при взрыве зарядов ВВ: NO и CO. На некоторых рудниках из массива пород выделяются сероводород, аммиак. Установлены предельно допустимые концентрации для каждого из ядовитых газов с учетом его токсичности.

Массив горных пород — определенный участок горных пород в его естественном состоянии. Трудность разрушения и интенсивность дробления массива пород взрывом зависят в основном от его крепости, трещиноватости, числа открытых поверхностей.

Крепость горных пород — способность пород сопротивляться разрушению под действием внешних усилий (при бурении, взрывании, резании и т.п.), характеризуемая чаще всего коэффициентом крепости.

Коэффициент крепости пород f (по шкале проф. М.М. Протодьяконова) показывает, во сколько раз данная порода крепче другой, принятой за единицу. Коэффициент f допускается определять как частное от деления предела прочности породы на одноосное сжатие на 100 (кгс/см^2) или на 9,8 (МПа).

Трещиноватость — совокупность трещин, разделяющих массив горных пород на куски (отдельности) различных размеров (от десятков миллиметров до нескольких метров). Чем крупнее отдельности, содержащиеся в массиве, тем, как прави-

ло, крепость их выше, тем труднее разрушить (раздробить) массив на куски требуемых размеров.

Для оценки сопротивляемости массива разрушению при бурении и взрывании применяют понятия «буримость» и «взрываемость» горных пород.

Буримость — сопротивляемость горной породы разрушению при бурении, характеризуемая чистой скоростью бурения при стандартных условиях опыта.

Взрываемость — сопротивляемость горных пород разрушению при взрывании, характеризуемая расходом ВВ на 1 $м^3$ раздробленного массива до кусков определенной крупности или на образование воронки выброса зарядом определенной формы.

На каждом карьере мощность погрузочного и транспортного оборудования рассчитана на куски породы определенной крупности. На прием кусков таких же размеров рассчитана дробилка на фабрике, перерабатывающей полезное ископаемое. При взрывании массив, как правило, разрушается на куски, часть которых превышает допустимый размер, поэтому взорванную породу при погрузке принято разделять на **кондиционную** (габаритную), соответствующую по крупности требованиям предприятия, и **некондиционную** (негабаритную), размер кусков которой превышает установленные пределы по крупности.

На карьерах стройматериалов к некондиционной породе относят также мелкие фракции, идущие в отходы.

Линия наименьшего сопротивления — кратчайшее расстояние от центра (оси) заряда до ближайшей открытой поверхности.

Сопротивление по подошве уступа — расстояние от оси скважины (шпура, камеры) до открытой поверхности уступа на уровне отметки его нижней площадки (подошвы).

Буровзрывные работы на горных предприятиях разделяют на основные, или первичные, при которых производятся отделение и дробление части массива породы, и дополнительные, или вторичные, при которых производятся дробление негабарита, выравнивание неровностей уступов подошвы или стенок выработок, ликвидация «навесов», «заколов» и т.п.

Первичные буровзрывные работы производят следующими методами.

На угольных шахтах и рудниках:

- удлиненными зарядами в шпурах диаметром 36—60 мм, глубиной 2—5 м при проходке выработок, отбойке угля и маломощных рудных тел;
- удлиненными зарядами в скважинах диаметром 60—105 (150) мм, глубиной 10—40 м при проходке восстающих, торпедировании угольного пласта, отбойке рудных тел средней и большой мощности;
- сосредоточенными зарядами величиной от 1 до 10 т и более в камерах или скважинах большого диаметра (0,7—1,0) м для отбойки мощных легкодробимых руд, разрушения потолочин и целиков.

На карьерах:

- удлиненными зарядами в вертикальных или наклонных скважинах диаметром 100—300 (400) мм и глубиной 7—20 м и более на средних и крупных карьерах;
- удлиненными зарядами в шпурах диаметром до 70 мм и глубиной до 5 м на карьерах малой производственной мощностью (до 100 тыс. т/год);
- котловыми зарядами в скважинах и шпурах. Для этого скважины и шпуры в донной части перед их заряжанием предварительно «простреливаются» небольшими зарядами и основные заряды помещают в образующихся при прострелке в нижней части скважины или шпура котловых расширениях. На отдельных карьерах применяют расширение нижней части скважины с 200—250 до 350—600 мм механическими (шарошечными) или огневыми (в кварцсодержащих породах) расширителями, где размещают заряд большей величины;
- камерными сосредоточенными зарядами массой от нескольких до тысяч тонн в горизонтальных штольнях или вертикальных шурфах. Камерные заряды чаще всего применяют для взрывания на выброс или сброс больших масс породы.

1. ЭЛЕМЕНТЫ ГОРНОГО ДЕЛА*

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГОРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ И ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Полезными ископаемыми называют природные минеральные образования органического или неорганического происхождения, которые могут быть использованы человеком. Под добычей полезных ископаемых понимают извлечение их из земной коры или гидросферы. В природе полезные ископаемые встречаются в твердом, жидком и газообразном состоянии.

Существуют следующие способы добычи полезных ископаемых: подземный, открытый, комбинированный, со дна водоемов (озер, морей и океанов), геотехнологический и скважинный. Добычу полезных ископаемых осуществляют горные предприятия.

Горное предприятие — самостоятельная производственная единица, осуществляющая разведку, добычу и обогащение полезных ископаемых. Горное предприятие, осуществляющее добычу и первичное обогащение полезных ископаемых, называется горно-добывающим. Существуют следующие виды горно-добывающих предприятий: шахта, рудник, карьер (разрез), прииск, промысел.

Шахта — горное предприятие для подземной добычи полезных ископаемых (угля, сланцев).

Рудник — горное предприятие для подземной добычи руд, горно-химического сырья и строительных материалов.

---

* Извлечение из учебника «Основы горного дела» / П.В. Егоров, Е.А. Бобер, Ю.Н. Кузнецов и др. — Изд. МГГУ, 2006. — 401 с.

Карьер — горное предприятие, осуществляющее добычу полезных ископаемых открытым способом (с поверхности Земли). Разрез — карьер по добыче угля.

Прииск — горное предприятие по добыче россыпных месторождений драгоценных металлов (золотой прииск).

Промысел — горное предприятие по добыче жидких и газообразных полезных ископаемых (нефтяной промысел).

Разработкой месторождения называют комплекс работ по вскрытию, подготовке и очистной выемке. Эти работы являются стадиями разработки месторождения. Вскрытие и подготовка осуществляются посредством проведения выработок. Забои проводимых выработок называют подготовительными. Выемку (добычу) полезного ископаемого ведут в очистных забоях, применяя различные способы его разрушения. Это характерно для твердых полезных ископаемых как при подземных, так и открытых горных работах.

Подземная добыча связана с необходимостью проведения сети подземных горных выработок, по которым добытое полезное ископаемое транспортируют на поверхность (рис. 1.1). При добыче ископаемых углей наиболее распространен механический способ разрушения, при добыче руд — взрывной.

Добытый уголь транспортируют по горным выработкам скребковыми или ленточными конвейерами, в вагонетках электровозами или лебедками, а также под действием собственного веса по желобам или трубам. На отдельных шахтах применяют гидротранспорт, при котором перемещение угля в потоке воды осуществляется по трубам или желобам. Для транспортировки руды на рудниках в пределах добычных блоков применяют скреперную доставку или виброустановки, а по горизонтальным выработкам — электровозную откатку.

На поверхность полезное ископаемое и пустую породу поднимают в специальных подъемных устройствах (сосудах) — скипах или клетях. Последние оборудуют под заезд в них шахтных вагонеток. В клетях также осуществляют спуск и подъем людей, оборудования и материалов.

Комплекс подъемных машин и оборудования называют шахтным подъемом.

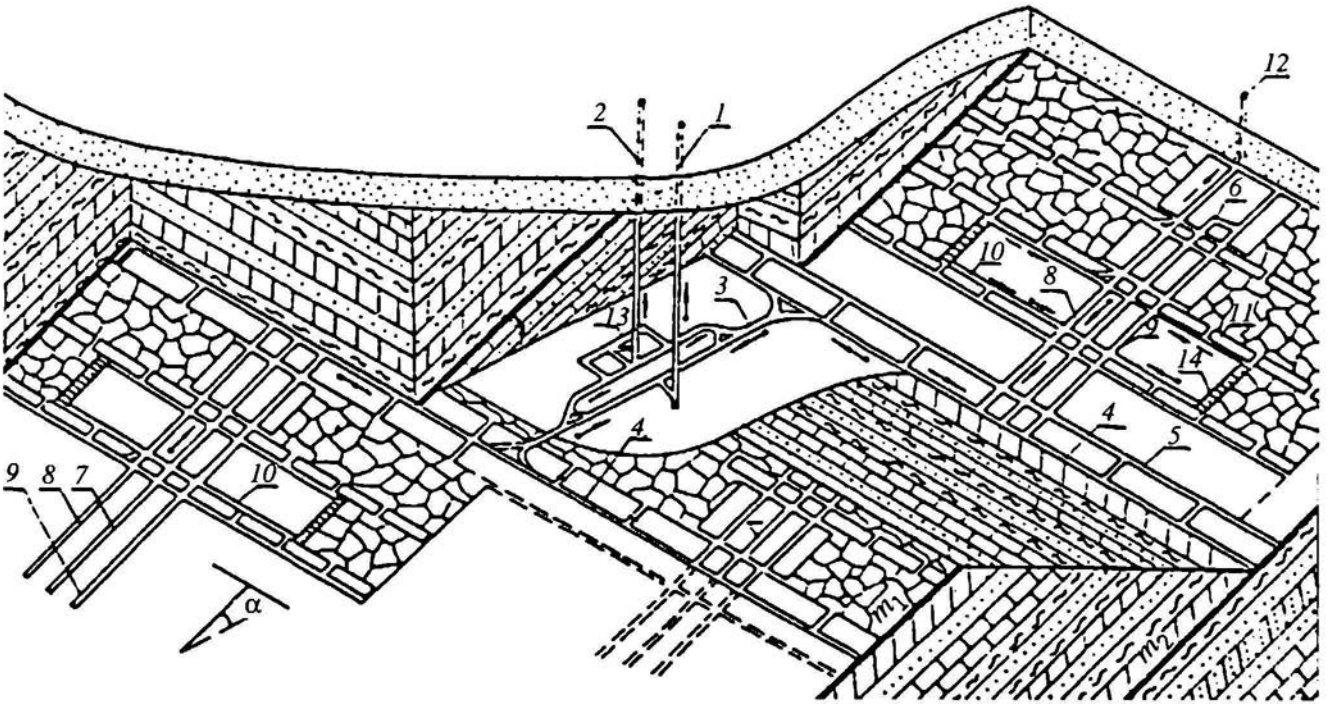


Рис. 1.1. Схема угольной шахты:
1, *2*, *12* — вертикальные выработки; *3*, *4*, *5*, *10*, *11* — горизонтальные выработки; *6*, *7*, *8*, *9* — наклонные выработки; *13* — насосная камера; *14* — очистной забой

Выданное на поверхность полезное ископаемое размещают на складах и осуществляют отгрузку его потребителям или на обогатительную фабрику.

Для нормального функционирования шахты необходимо осуществлять:

- снабжение горных выработок свежим воздухом. Процесс обеспечения горных выработок и рабочих мест воздухом называется вентиляцией. Контроль за состоянием вентиляции шахты и техники безопасности осуществляет служба вентиляции и техники безопасности;
- удаление поступающей в горные выработки и накапливающейся в водосборнике воды. Система сбора и удаления поступающей в горные выработки воды называется водоотливом;
- снабжение работающих машин и различных установок электро- и пневмоэнергией (сжатым воздухом);
- кондиционирование поступающего в шахту воздуха. Этот процесс осуществляют в глубоких шахтах и рудниках, где температура рудничной атмосферы за счет тепла, выделяющегося из горных пород, обусловливает дискомфортность труда;
- подачу в шахту в зимнее время в районах с суровым климатом подогретого в калориферах воздуха;
- мероприятия по предупреждению газодинамических явлений (внезапных выбросов угля и газа и горных ударов) и эндогенных пожаров;
- ликвидацию последствий аварий в тех случаях, когда не удалось их предотвратить. Эти работы выполняют подразделения специальной военизированной горно-спасательной части;
- контроль за состоянием недр, величиной запасов и правильностью ведения горных работ. Его осуществляет маркшейдерская служба;
- контроль за соблюдением правил безопасного ведения горных работ. Его осуществляет горно-техническая инспекция (ГТИ);

- восстановление участков земли, подвергшихся влиянию горных работ. Эти работы называются рекультивацией. Их осуществляют шахты и карьеры.

Поверхность современных шахт и рудников представляет собой комплекс зданий и сооружений, обычно сгруппированных в блоки. На поверхности располагают здания подъемных машин, копры (конструкции для установки шкивов под канаты клетей и скипов и разгрузки последних), эстакады, помещения электроподстанции, механических мастерских, компрессорной, административно-бытового комбината. На поверхности размещают материальные склады различного назначения.

Для повышения качества добытого полезного ископаемого осуществляют его обогащение. С этой целью строят обогатительную фабрику как для одной, так и для группы шахт.

При открытом способе добычи все горные работы проводят в открытых горных выработках непосредственно с земной поверхности (рис. 1.2). В зависимости от условий залегания извлекают не только полезное ископаемое, но и пустые породы. Эти породы называют вскрышными породами или вскрышей.

Основными производственными процессами при открытых горных работах являются: подготовка горных пород к выемке; выемочно-погрузочные работы; перемещение карьерных грузов (авто- или железнодорожный транспорт, а также конвейерная доставка); отвалообразование вскрышных пород и складирование полезного ископаемого.

Основные достоинства открытых горных работ:

- возможность обеспечения высокого уровня комплексной механизации и автоматизации, что обусловливает более высокую производительность труда и меньшие затраты на добычу;
- более безопасные и комфортные условия труда;
- меньшие удельные капитальные затраты на строительство предприятия;
- возможность более полного извлечения полезного ископаемого.

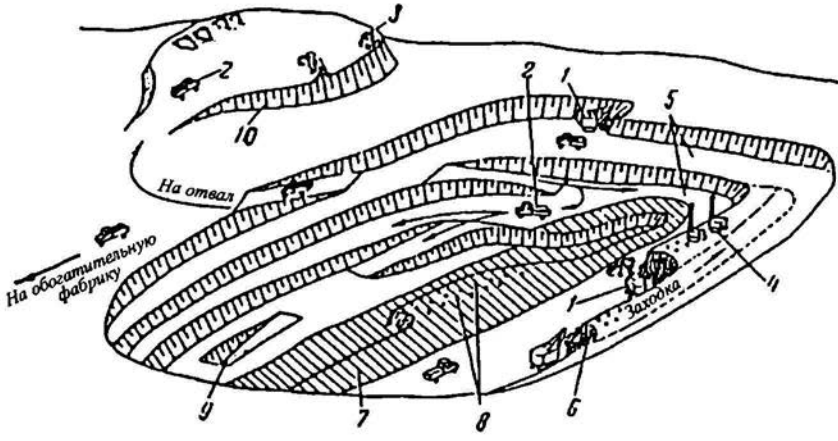


Рис. 1.2. Схема открытой разработки месторождения:
1 — экскаватор; *2* — автосамосвал; *3* — бульдозер; *4* — буровой станок; *5* — рабочие горизонты; *6* — взорванная масса; *7* — залежь полезного ископаемого; *8* — скважины; *9* — въездная траншея; *10* — отвал пустых пород

Основные недостатки: зависимость от климатических условий; необходимость отчуждения значительных площадей земли; нарушения водного баланса недр.

Добычу полезных ископаемых со дна озер, морей, океанов (золото, олово, платина, минералы, содержащие титан, цирконий и др.) осуществляют в основном в пределах континентального шельфа и ложа мирового океана. Добыча осуществляется земснарядами, черпаковыми элеваторами и грейферными грузчиками через водную толщу, а также через горные выработки, проводимые с земной поверхности. Средняя глубина подводной разработки в России 30 м.

Геотехнические способы разработки основаны на бурении скважин с поверхности или из горных выработок, изменении физического или химического состояния полезного ископаемого в недрах и извлечении его по скважинам на поверхность. Перевод твердых полезных ископаемых в транспортабельное состояние осуществляют механическим разрушением, плавлением, растворением, химической и бактериально-химической обработкой. Наиболее распространены: подземная выплавка серы, подземная газификация углей и бактериально-химическое

выщелачивание меди, золота. Объемы применения этих способов пока невелики.

Скважинная добыча широко применяется для извлечения жидких и газообразных полезных ископаемых (нефть и природный газ). Под разработкой нефтяного месторождения понимают осуществление процесса перемещения жидкости и газа в пластах к эксплуатационным скважинам. Управление процессом движения жидкостей и газа достигается размещением на месторождении нефтяных, нагнетательных и контрольных скважин, количеством и порядком ввода их в эксплуатацию, режимом работы скважин и балансом пластовой энергии. Процесс добычи нефти включает: движение нефти по пласту к забою скважины за счет разности давлений в пласте и у скважины; движение нефти от забоя скважины до устья на поверхности; сбор нефти, газа и воды на поверхности и их разделение.

Разработка газового месторождения включает извлечение газов из недр, их сбор и подготовку к транспортированию потребителям. Особенность добычи газа из недр заключается в том, что весь путь газа от пласта до потребителя герметизирован.

1.2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГОРНЫХ ПОРОДАХ И ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Земная кора, или литосфера, — это каменная оболочка Земли толщиной 15—70 км, которая сверху ограничена гидросферой и атмосферой, а снизу — мантией. Поверхность, разграничивающая литосферу и мантию, называется поверхностью Мохоровичича.

Земная кора состоит из горных пород. Их подразделяют на коренные и наносные.

Коренные породы — это породы, залегающие на месте первоначального образования и не подвергавшиеся разрушению. Наносы — это рыхлые осадочные породы, которые образовались в результате разрушения коренных пород. Разрушение коренных пород происходило вследствие выветривания, размыва водой и т.п. Различают физическое, химическое и биологическое выветривание горных пород. Отдельные частицы разру-

шившихся коренных пород остаются на месте либо переносятся водой или ветром на то или иное расстояние. Коренные породы по происхождению делят на изверженные (магматические), осадочные и метаморфические (видоизмененные).

Изверженные породы образовались в результате остывания расплавленной магмы. К изверженным породам относятся гранит, сиенит, диорит, габбро, диабаз, базальт и др.

Осадочные породы образовались в результате накопления осадков, главным образом в водной среде, а также в результате деятельности ледников. К ним относятся уголь, аргиллит, алевролит, песчаник, известняк, глина и др.

Метаморфические породы образовались из магматических или осадочных пород, претерпевших изменение (метаморфизм) в недрах земли под влиянием высокой температуры и давления. Характерными представителями метаморфических пород являются кварциты, мрамор. Верхняя часть земной коры, доступная непосредственному изучению (до глубины 16—20 км), сложена преимущественно изверженными породами (95 %). Метаморфические породы составляют 4 %, осадочные — 1 %.

Горные породы имеют более или менее однородный состав и строение. Они состоят из зерен одного или нескольких минералов или из минералов и обломков других пород.

Минералами называются природные химические соединения (реже самородные элементы), являющиеся естественными продуктами различных физико-химических процессов, протекавших в земной коре или на ее поверхности. Среди минералов различают породообразующие минералы. К ним относят силикаты, составляющие не менее 75 % всей земной коры, кварц, оливин, андалузит и др. Из общего количества минералов породообразующих насчитывается 50—60.

Горные породы и минералы, которые могут быть использованы в естественном виде или после соответствующей переработки, называются полезными ископаемыми или минеральным сырьем. В природе они встречаются в твердом, жидком и газообразном состояниях.

Горные породы, вмещающие полезное ископаемое или заключенные в его толще, называют пустыми породами.

Деление горных пород на полезные ископаемые и пустые породы является относительным.

Естественное скопление полезного ископаемого в земной коре, занимающее определенный объем в ней, называется месторождением полезного ископаемого. Месторождения могут быть коренными и россыпными.

Россыпные месторождения образовались в процессе физического выветривания коренных горных пород и химического воздействия на них различных факторов. Россыпные месторождения разделяют на элювиальные (залегают на месте разрушения коренных пород), делювиальные (перемещенные на некоторое расстояние от коренного месторождения и в большинстве случаев являющиеся продолжением элювиальных), аллювиальные (перемещенные на значительные расстояния водными потоками), береговые, ледниковые и эоловые (перенесенные элювиальные россыпи силой ветра).

По добываемому полезному ископаемому различают рудные и нерудные месторождения. Рудой называется естественное минеральное вещество, из которого путем соответствующей переработки извлекаются содержащиеся в нем металлы и полезные минералы.

1.3. ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЛЕГАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

По залеганию месторождения твердых полезных ископаемых подразделяют на правильные и неправильные.

К правильным месторождениям относятся пласты (рис. 1.3) и пластообразные залежи.

Пластом называется плитообразная залежь, имеющая значительное распространение в земной коре и ограниченная двумя более или менее параллельными плоскостями. Весьма тонкие пласты, не разрабатываемые вследствие малой мощности (до 0,4 м), называются прослойками. Плоскости соприкосновения пластов отдельных пород называются плоскостями напластования.

Породы, залегающие над пластом полезного ископаемого, называются кровлей или висячим боком, залегающие ниже пласта — почвой или лежачим боком.



Рис. 1.3. Строение пластов:
а — простое; *б* — сложное

Пласты могут иметь однородное (простое) и сложное строение. Тонкие слои пустой породы, заключенные в пласте, называются прослойками.

Правильную форму залегания обычно имеют месторождения полезных ископаемых осадочного происхождения (уголь, горючие сланцы, различные соли, гипс, марганцевые руды и т.п.).

Часть пласта, выходящая на земную поверхность или находящаяся неглубоко от нее под наносами, называют выходом пласта. Пласты угля залегают согласно, если они в земной коре расположены параллельно друг другу. Несколько согласно залегающих пластов составляют свиту.

К неправильным месторождениям относятся жилы, штоки, гнезда, линзы (рис. 1.4). Неправильную форму залегания имеют, как правило, рудные месторождения.

Жилой называют заполненную минеральным веществом трещину в земной коре. Жилы бывают простые и сложные. Ответвления от жил называют апофизами.

Такие формы залегания, как штоки, линзы, гнезда, представляют собой полости в земной коре, заполненные минеральным веществом. Они отличаются друг от друга формой и размерами. Такую форму залегания имеют месторождения железных, медных, полиметаллических и других руд.

Пласты горных пород в период образования залегали более или менее горизонтально, но под действием тектонических (горообразовательных) процессов, протекавших в земной коре, первоначальное залегание пород нарушалось в той или иной степени. В некоторых районах пласты оказались собранными в складки. Они могут занимать любое положение в земной коре.

Нарушения нормального залегания пластов называются дислокациями. Дислокации без разрыва сплошности называются пликативными, с разрывом сплошности — дизъюнктивными.

К пликативным нарушениям относятся утолщения и утонения пластов, а также складчатость (рис. 1.5).

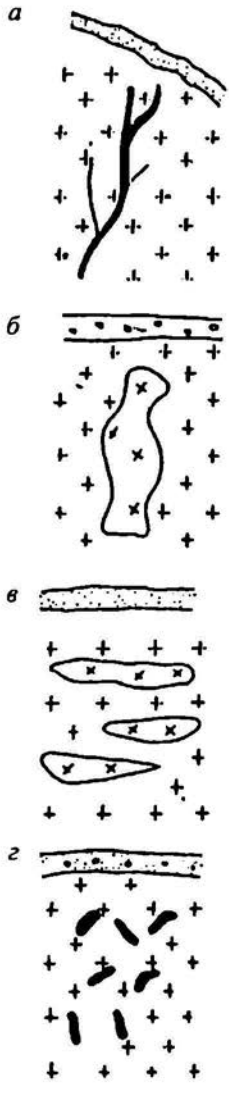


Рис. 1.4. Формы залегания рудных тел:
а — жила; *б* — шток; *в* — линзы; *г* — гнезда

Складка, обращенная выпуклостью вниз, называется синклиналью, а выпуклостью вверх — антиклиналью.

К дизъюнктивным нарушениям относятся сбросы, взбросы, надвиги и др. (рис. 1.6).

Положение пластов в земной коре определяется элементами их залегания. К ним относятся простирание и падение пластов.

Протяжение пласта в длину называется простиранием. Линия пересечения пласта с горизонтальной плоскостью называется линией простирания (рис. 1.7).

Направление простирания пласта определяется углом, который составляет линия простирания с меридианом.

Линия, лежащая в плоскости пласта перпендикулярно линии простирания, называется линией падения, а само направление этой линии — падением пласта.

Угол, который составляет линия падения пласта с горизонтальной плоскостью, называется углом падения пласта. В зависимости от формы залегания и способа разработки полезных ископаемых пласты делят на горизонтальные, пологие, крутонаклонные и крутые (табл. 1.1).

Различие классификаций объясняется особенностями технологии и механизации разработки залежи полезного ископаемого.

Мощность пласта или иной залежи как элемент залегания представляет собой расстояние по нормали между кровлей и почвой. Такую мощность m называют истинной, или нормальной. Расстояние между кровлей и почвой, измеряемое по горизонтали, называют горизонтальной мощностью $m_г$, а по вертикали — вертикальной мощностью $m_в$.

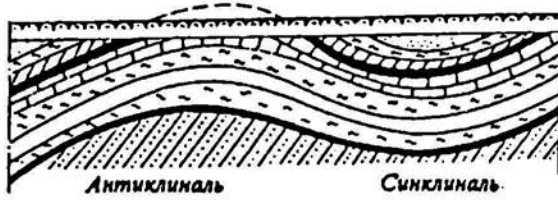


Рис. 1.5. Складчатость месторождения

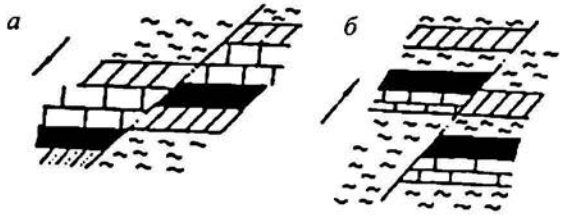


Рис. 1.6. Дизъюнктивные нарушения:
а — сброс; *б* — взброс

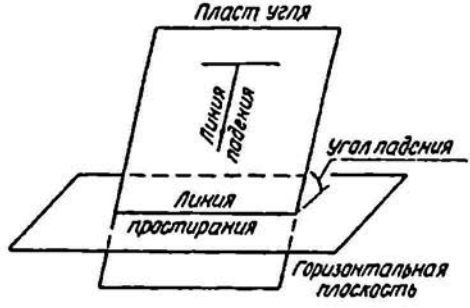


Рис. 1.7. Элементы залегания пласта

Таблица 1.1

Классификация залежей полезных ископаемых по углу падения

Тип пласта (залежи) по углу падения	Угол падения, градус		
	угольных пластов		рудных месторождений
	при подземной разработке	при открытой разработке	
Горизонтальный	0	0	0
Пологий	0—18	До 10	До 25
Наклонный	19—35	10—30	25—45
Крутонаклонный	36—55	—	—
Крутой	> 56	> 30	> 45

Таблица 1.2

Классификация залежей полезных ископаемых по мощности

Тип пласта (залежи) по мощности	Мощность, м			
	угольных пластов			рудных месторождений
	при подземной разработке	при открытой разработке		
		горизонтальных и пологих	наклонных и крутых	
Весьма тонкий	До 0,7	—	—	До 0,6
Весьма малой мощности	—	До 3—5	До 15—25	—
Тонкий	0,71—1,2	—	—	0,6—2
Малой мощности	—	6-20	25—75	—
Средней мощности	1,21—3,5	20—40	75—100	2—5
Мощный	> 3,5	—	—	5—20
Весьма мощный	—	—	—	> 20
Большой мощности	—	> 40	> 100	—

Поскольку в пределах залежи полезного ископаемого мощность ее, как правило, изменяется, поэтому на практике употребляют термин средняя мощность. Так как пласты, например угля, нередко имеют сложное строение, то различают полезную (без прослойков) и полную (с прослойками) мощность. При разработке угольных месторождений иногда вынимают только часть мощности пласта, которую называют вынимаемой мощностью. Различают также минимальную мощность пласта. Минимальная мощность, при которой разработка пласта целесообразна, называется рабочей мощностью.

Классификация угольных пластов и рудных залежей по нормальной мощности представлена в табл. 1.2. Различие классификаций также обусловлено особенностями технологии и способа разработки.

Элементы залегания пластовых месторождений являются более или менее выдержанными. Для рудных тел они изменяются, как правило, в широких пределах.

1.4. ЗАПАСЫ И ПОТЕРИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ ИХ РАЗРАБОТКЕ

Количество полезного ископаемого, заключенное в недрах, называется запасами (т, $м^3$).

Общие запасы месторождения или его части называются геологическими. По значению в народном хозяйстве они подразделяются на балансовые и забалансовые. Следовательно,

$$Z_{геол} = Z_{бал} + Z_{заб}.$$

Балансовые запасы — разведанные и изученные запасы, добыча которых экономически целесообразна.

Забалансовые запасы — разведанные и изученные запасы, использование которых экономически нецелесообразно при современном уровне техники и технологии добычи (малое количество, малая мощность, высокая зольность, сложность залегания и пр.).

Балансовые запасы подразделяются на промышленные и потери, т.е.

$$Z_{бал} = Z_{пр} + Z_{п}.$$

Промышленные запасы — часть балансовых запасов, подлежащая извлечению и выдаче на поверхность. Отношение промышленных запасов к балансовым называют коэффициентом извлечения C. Следовательно,

$$C = \frac{Z_{пр}}{Z_{бал}}.$$

Потери — часть балансовых запасов, остающаяся в недрах при их разработке. Отношение потерь к балансовым запасам называют коэффициентом потерь $K_п$, т.е.

$$K_п = \frac{Z_п}{Z_{бал}}.$$

Вполне очевидно, что $C + K_п = 1$.

Избежать потерь полезного ископаемого при разработке практически невозможно. Их величина зависит от экономических, геологических и технических факторов. Основными из них являются: мощность и угол падения, наличие охраняемых объектов на поверхности месторождения, сложность залегания, применяемая техника и технология добычи и др.

Фактический уровень потерь для различных месторождений колеблется в широких пределах. Например, на угольных месторождениях с пологими и наклонными пластами средней мощности потери достигают 10—15 %, с мощными крутонаклонными и крутыми — 25—30 % и более.

1.5. ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ

Полезное ископаемое может быть использовано, когда оно отделено от массива и доставлено на поверхность. Работы, которые производят при выемке полезного ископаемого или при подготовке к его выемке, называют горными работами.

В результате горных работ в толще полезного ископаемого или пустых пород образуются полости, называемые горными выработками.

Горные выработки по назначению подразделяют на разведочные и эксплуатационные. Первые служат для целей разведки залежи полезного ископаемого, вторые — для его разработки.

Разработка месторождений полезного ископаемого складывается из трех этапов: вскрытие, подготовка и очистная выемка. В связи с этим эксплуатационные горные выработки подразделяют на капитальные, подготовительные и очистные.

К капитальным относят выработки, по которым осуществляется доступ к месторождению или его части. Это вскрывающие выработки.

Подготовительные выработки проводят от капитальных.

Они служат для подготовки части залежи полезного ископаемого к очистной выемке.

После проведения подготовительных выработок приступают к очистным работам, в результате которых образуются очистные выработки.

По месту проведения горные выработки подразделяют на открытые и подземные. Открытые выработки проводят на поверхности земли, подземные — внутри массива горных пород.

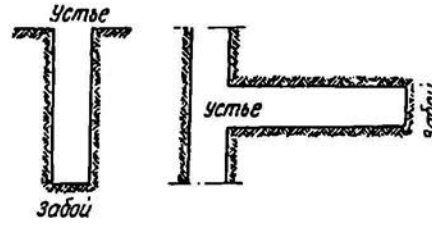


Рис. 1.8. Забой и устье выработки

По положению в земной коре подземные выработки могут быть вертикальными, горизонтальными и наклонными. Они могут иметь непосредственный выход на земную поверхность или не иметь его (рис. 1.8).

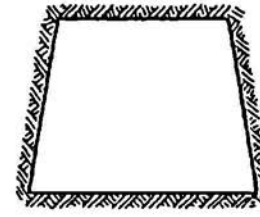


Рис. 1.9. Поперечное сечение горной выработки

Начало выработки, выходящей на земную поверхность или в другую выработку, называют устьем.

Поверхность, ограничивающая горную выработку и перемещающаяся в результате ведения горных работ, называется забоем. Забой, в котором систематически производят горные работы, называется действующим.

Поверхности, ограничивающие выработки с боков, называют боками выработки. Поверхность, ограничивающая выработку сверху, называется кровлей, снизу — почвой (рис. 1.9).

Совокупность горных выработок и технических сооружений, размещенных по определенному плану и оборудованных для добывания угля подземным способом, называется шахтой, а при добывании руды — рудником.

В административно-хозяйственном отношении под шахтой (рудником) понимается самостоятельная единица горного предприятия, имеющая целью добывание полезного ископаемого в пределах отведенной для нее части месторождения.

1.5.1. Вертикальные выработки

Вертикальные горные выработки могут иметь непосредственный выход на земную поверхность или не иметь его. К вертикальным выработкам относятся стволы, гезенки, шурфы (см. рис. 1.1, 1.10).

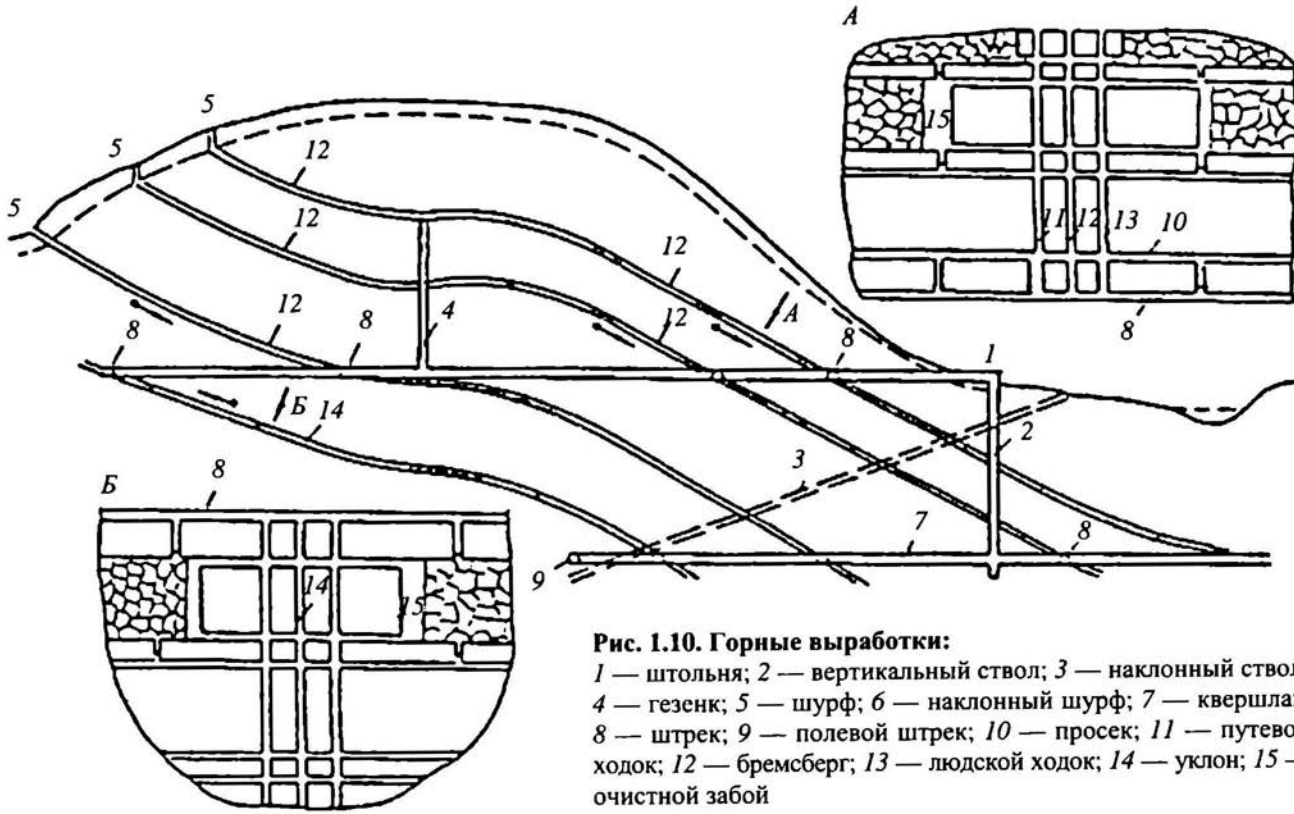


Рис. 1.10. Горные выработки:
1 — штольня; *2* — вертикальный ствол; *3* — наклонный ствол; *4* — гезенк; *5* — шурф; *6* — наклонный шурф; *7* — квершлаг; *8* — штрек; *9* — полевой штрек; *10* — просек; *11* — путевой ходок; *12* — бремсберг; *13* — людской ходок; *14* — уклон; *15* — очистной забой

Вертикальный ствол — вертикальная горная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и проводимая с целью вскрытия месторождения полезного ископаемого.

Стволы делятся на главные и вспомогательные.

Главный ствол (см. рис. 1.1, *1*) предназначен для выдачи полезного ископаемого, вспомогательный (см. рис. 1.1, *2*) для спуска-подъема людей, материалов, оборудования, проветривания и других вспомогательных целей.

Нижняя часть ствола ниже уровня околоствольного двора называется зумпфом. Он предназначен для размещения подъемного сосуда (скипа или многоэтажной клети) в момент загрузки.

Вертикальные стволы имеют круглую, прямоугольную или эллиптическую форму поперечного сечения.

Слепой ствол — вертикальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и служащая для подъема груза с нижележащего горизонта на вышележащий с помощью подъемных установок. Слепые стволы служат для вскрытия отдельных частей месторождений из подземных выработок.

Гезенк (рис. 1.10, *4*) — вертикальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и служащая для спуска грузов с вышележащего горизонта на нижележащий под действием собственного веса.

Шурф (рис. 1.1, *12*) — вертикальная горная выработка, обычно малого сечения и небольшой глубины, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и служащая для различных целей: разведки, размещения взрывчатых веществ при массовых взрывах, а при эксплуатации — для проветривания, спуска материалов и т.п.

1.5.2. Горизонтальные выработки

К горизонтальным горным выработкам относятся штольни, квершлаги, штреки, просеки, орты и др. Горизонтальные выработки имеют наклон не более 3° с целью обеспечения самотека воды.

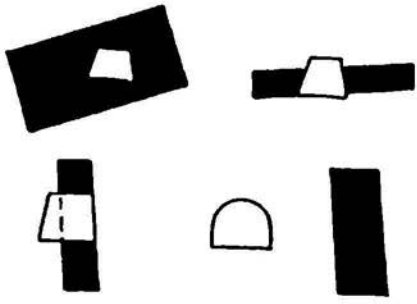


Рис. 1.11. Расположение штреков относительно угольного пласта

Штольня (рис. 1.10, *1*) — горизонтальная горная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и предназначенная для разведки или вскрытия месторождения полезного ископаемого.

Тоннель — выработка, имеющая выход на поверхность с двух концов. Это сквозная выработка, служащая для транспортных целей.

Квершлаг (рис. 1.1, *5*) — горизонтальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая вкрест простирания горных пород.

Штрек (рис. 1.1, *4*) — горизонтальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая по простиранию горных пород при наклонном залегании, а при горизонтальном — в любом направлении.

Штреки бывают главные, откаточные, вентиляционные, промежуточные, конвейерные и пр. Штреки, проведенные по пустым породам, называются полевыми (рис. 1.11).

Просек (рис. 1.1, *5*) — горизонтальная горная выработка, проводимая параллельно штреку обычно без подрывки боковых пород, предназначенная для осуществления нарезных работ или проветривания штреков в период их проходки. На тонких пластах осуществляют присечку боковых пород.

Орт — горизонтальная горная выработка, проводимая в мощных пластах или рудных залежах в пределах их горизонтальной мощности.

Сбойка — горизонтальная выработка, проводимая между расположенными рядом наклонными выработками.

Форма поперечного сечения горизонтальных выработок может быть различной — прямоугольной, трапециевидной, косоугольной, сводчатой, круглой и пр.

1.5.3. Наклонные выработки

Наклонные горные выработки могут иметь выход на земную поверхность или быть без него. К наклонным горным выработкам, имеющим непосредственный выход на земную поверхность, относятся наклонные шурфы, стволы, штольни. Они имеют то же назначение и те же основные признаки, что и одноименные вертикальные или горизонтальные выработки, отличаясь от них лишь положением в горном массиве.

К наклонным выработкам, не имеющим непосредственного выхода на земную поверхность, относятся бремсберги, уклоны, скаты, ходки, печи.

Бремсберг (см. рис. 1.1, *б*) — наклонная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и служащая для спуска полезного ископаемого с вышележащего горизонта на нижележащий при помощи механических устройств.

Уклон (см. рис. 1.1, *7*) — наклонная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, служащая для подъема полезного ископаемого с нижних горизонтов на верхний с помощью механических устройств.

Скат — наклонная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, служащая для спуска полезного ископаемого под действием собственного веса.

Ходок (см. рис. 1.1, *8*, *9*) — наклонная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, предназначенная для различных целей (передвижения людей, доставки материалов и оборудования, вентиляции и пр.). Ходки проводят параллельно названным выше наклонным выработкам. Они оборудуются соответствующими транспортными средствами.

Печь — наклонная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая по пласту полезного ископаемого в пределах его мощности. По печам осуществляется передвижение людей, транспортирование угля, материалов и т. д. Печь, в которой начинается развитие работ по выемке угля, называется разрезной.

На рудниках наклонные выработки (иногда вертикальные), не имеющие непосредственного выхода на земную поверхность, проводимые по полезному ископаемому или пустым породам, служащие для спуска полезного ископаемого под действием силы тяжести и других целей, называются восстающими.

1.5.4. Камеры и очистные выработки

Камерами называют горные выработки, имеющие небольшую длину по сравнению с размерами поперечного сечения. Они предназначаются для размещения в них различных машин, оборудования, хранения материалов и других целей. Камеры в основном расположены около шахтных стволов.

Совокупность камер и выработок, примыкающих к шахтному стволу и предназначенных для обслуживания подземного хозяйства, называется околоствольным двором. В околоствольном дворе располагаются следующие камеры: электроподстанция, насосная, электровозное депо, камера ожидания, диспетчерская, водосборник, медпункт и др.

Выработки, образующиеся в результате выемки пласта (см. рис. 1.1, *14*) или залежи, где осуществляется основная добыча полезного ископаемого, называются очистными выработками.

Поверхность очистной выработки, с которой непосредственно осуществляется выемка полезного ископаемого, называется очистным забоем. Очистной забой в угольных шахтах значительной длины называется лавой.

2. СВОЙСТВА И КЛАССИФИКАЦИИ ГОРНЫХ ПОРОД, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ РАЗРУШЕНИЯ ПРИ БУРЕНИИ И ВЗРЫВАНИИ

2.1. СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

Изучение различных свойств пород, разработка методики их определения и учета имеют большое значение для выбора типа применяемых буровых машин, рационального способа отбойки породы, установления норм на выполнение буровых и удельных расходов ВВ на взрывные работы и т.д.

При бурении и взрывании эффективность разрушения горных пород определяется различными свойствами. Это связано с тем, что при бурении зона разрушения под лезвием инструмента имеет небольшие размеры (доли сантиметра) и зависит от микросвойств горных пород: твердости, прочности, абразивности, зернистости, вязкости и т.д.

При взрывании в проходческих забоях и при выемке рудных залежей мощностью до 3 м зарядами диаметром 40—60 мм зона дробления имеет размеры до 1,0 м. При этом разрушение породы происходит в стесненных условиях, когда имеющейся открытой поверхности забоя недостаточно для проявления действия заряда как на неограниченной поверхности. При этом важное значение имеют прочность пород на сжатие и сдвиг, а также степень пористой и трещинной пустотности породы и интенсивности трещиноватости, однородность свойств в контуре сечения забоя.

При взрывании на карьерах и подземной разработке месторождений мощностью 5 м и более зарядами 100—300 мм зона разрушения имеет размеры от 3 до 10 м и эффективность дробления массива при этом зависит от макросвойств породы и прежде всего от его трещиноватости, а также от прочности разрушаемых отдельностей, слагающих массив при соударении и их плотности.

Твердость и абразивность влияют, главным образом, на износ инструмента при бурении, выбор величин осевого усилия на буровой инструмент и частоты его вращения.

Крепость характеризует способность пород сопротивляться разрушению под действием внешних воздействий и в основном характеризуется коэффициентом крепости. При бурении резанием массив часто характеризуют контактной прочностью — способностью проникать в поверхность породы металлического пуансона под определенным усилием и образовывать лунки разрушения.

Твердость горной породы характеризуется сопротивлением проникновению в нее другого тела, не получающего при этом остаточной деформации.

Абразивность — способность или свойство горных пород изнашивать при трении о них металлы, твердые сплавы и другие тела.

Пластичность — свойство пород необратимо изменять, не разрушаясь, свою форму и размеры под действием внешних сил.

Хрупкость — свойство пород разрушаться без пластических деформаций.

При бурении и взрывании скальные горные породы можно рассматривать как хрупкие тела. Наибольшую пластичность имеет глина. Для разрушения пластичных пород требуется увеличенный расход ВВ.

Вязкостью в горном деле принято характеризовать сопротивляемость породы силам, стремящимся отделить ее часть от массива. С увеличением вязкости пород эффективность процессов бурения и взрывания снижается.

Зернистость характеризуется крупностью зерен минералов, образующих породы. Различают крупнозернистые породы с зернами диаметром более 5 мм, среднезернистые — с зернами диаметром 1—5 мм и мелкозернистые с зернами диаметром менее 1 мм. Чем меньше зерна минералов и чем прочнее цементирующие

зерна вещества, тем труднее разрушаются породы при бурении и отдельности при взрывании.

Пористость характеризуется наличием мельчайших замкнутых пустот в горной породе.

Водоносность — свойство пород задерживать воду и выделять ее при разработке месторождения (бурении скважин, проведении траншей и т. д.). Водоносность пород следует учитывать при выборе типа ВВ для заряжания скважин.

Плотностью породы называют массу ее единицы объема в естественном состоянии. От плотности горных пород зависит удельный расход ВВ, особенно при проведении взрывов на выброс.

Разрыхляемость — свойство горных пород занимать больший объем в разрушенном состоянии по сравнению с объемом в массиве или целике. Отношение объема разрыхленной породы к ее первоначальному объему называют *коэффициентом разрыхления.* Наибольшим коэффициентом разрыхления характеризуются твердые, вязкие и абразивные породы.

Устойчивость — свойство открытой поверхности массива горных пород сохранять свое положение, не разрушаясь (обрушаясь). Этот показатель обычно характеризуется на открытых горных работах углом естественного откоса, т.е. углом, при котором откос породы находится в устойчивом состоянии. Величина его для разных пород меняется от 20 до 80°. Особенно важное значение приобретает устойчивость при разработке глубоких горизонтов карьера (ниже 300 м), а также при выводе борта карьера на проектный контур: чем круче и устойчивее откосы уступов, тем меньший объем вскрышных пород надо извлечь при добыче проектного объема полезных ископаемых. Поэтому для увеличения устойчивости откосов уступов применяются специальные методы контурного взрывания.

Устойчивость пород при подземных горных работах (проходка выработок, отбойка руд) характеризуется величиной площади открытой поверхности в выработке или камере, которая сохраняется без обрушения.

Слоистость — свойство пород относительно легко разделяться по плоскостям наслоения. При ведении работ в слоистых породах шпуры и скважины следует располагать под углом 45—90° к плос-

костям наслоения, так как это улучшает эффективность взрыва и уменьшает вероятность искривления шпуров и скважин, особенно когда прослойки имеют разную прочность.

Трещиноватость характеризуется частотой и пространственным расположением трещин в массиве горной породы, которыми он разделен на отдельности различных размеров. Монолитных, т.е. не имеющих трещин, пород при открытой разработке месторождений полезных ископаемых практически не встречается.

Естественная трещиноватость горной породы определяется геологической характеристикой месторождения, т.е. ее генезисом и последующими тектоническими процессами, дополняется искусственной, зависящей от ведения взрывных работ. Она образуется в результате многократного сейсмического воздействия взрыва на массив, расположенный за пределами разрушаемого объема.

С увеличением величины и диаметра заряда искусственная (техногенная) трещиноватость массива и степень раскрытия трещин возрастают.

Трещиноватость влияет на кусковатость взорванной горной массы при массовых взрывах и проходке выработок, их оконтуривание, на выход негабарита. Одни и те же по составу породы при интенсивной трещиноватости разрушаются, не образуя негабарита, и, наоборот, при слабой трещиноватости дают большой выход негабарита, худшее оконтуривание сечения.

Поэтому при выборе методов ведения взрывных работ и установлении допустимого размера куска, проектировании паспортов буровзрывных работ при проходке для предприятия необходимо учитывать трещиноватость пород.

Трещиноватость массива характеризуется удельной трещиноватостью: числом открытых трещин всех систем, приходящихся на единицу длины прямой, проведенной в произвольном направлении. Величина, обратная удельной трещиноватости, дает среднее расстояние между трещинами, которое численно принимают равным среднему диаметру естественной отдельности.

Содержание крупных или мелких отдельностей в массиве до взрыва обычно выражается в процентах к его объему.

Таблица 2.1

Временная классификация пород по трещиноватости Междуведомственной комиссии по взрывному делу

Категория трещиноватости	Степень трещиноватости (блочность) массива	Удельная трещиноватость, $м^{-1}$	Средний диаметр отдельностей, м	Содержание (%) в массиве отдельностей размером, см, более		
				30	70	100
I	Чрезвычайно трещиноватые (мелкоблочные)	> 10	< 0,1	< 10	Близко к 0	
II	Сильнотрещиноватые (среднеблочные)	2—10	0,1—0,5	10—70	<30	<5
III	Среднетрещиноватые (крупноблочные)	1—2	0,5—1,0	70—100	30—80	5—40
IV	Малотрещиноватые (весьма крупноблочные)	1,0—0,65	1,0—1,5	100	80—90	40—80
V	Практически монолитные (исключительно крупноблочные)	<0,65	>1,5	100	100	100

Для массивов одного происхождения разная степень трещиноватости на отдельных участках объясняется многократностью действия напряжений в них. Учитывая длительность процесса трещинообразования, естественно полагать, что более трещиноватые массивы образуются из менее трещиноватых: крупные отдельности при многократных силовых воздействиях превращаются в более мелкие.

Средний объем крупных отдельностей, слагающих массив, зависит от типа трещиноватости массива: чем больше содержание в массиве крупных отдельностей, тем больше их средний объем. Все породы по степени трещиноватости или содержанию в массиве крупных отдельностей условно разделены по предложению д-ра техн. наук В.К. Рубцова на пять категорий (табл. 2.1).

Для каждой категории пород по трещиноватости можно выбрать рациональный диаметр взрывных скважин и шпуров, параметры их расположения, схему их взрывания, удельный расход и тип ВВ. Поэтому особенно для карьеров на основе планов горных работ целесообразно составлять карту трещиноватости, на которой в плане и по глубине указывают породы разной трещиноватости. Такая карта на текущий период и на перспективу позволит более обоснованно корректировать типовые проекты массовых взрывов, выбирать буровые станки, ассортимент ВВ и удельный расход его, схемы взрывания блоков с учетом ежегодных планов горных работ по каждому горизонту карьера. Такую же работу необходимо выполнять и при подземных взрывных работах.

Степень трещиноватости пород и их категория могут быть определены различными методами: по керну горных пород, планиметрическим и фотопланиметрическим измерениями по поверхности забоев, измерением отдельностей после взрыва и др.

На действующих предприятиях (наиболее широко на карьерах) для оценки трещиноватости применяют планиметрический и акустический методы, а для проектируемых — метод изучения кернов.

Планиметрический метод. Для определения удельной трещиноватости вдоль забоя натягивается шнур (рулетка) и подсчитывается число естественных трещин, пересекающих его на участке длиной не менее 10 м, а затем вычисляется удельная трещиноватость λ:

$$\lambda = \frac{n}{L},$$

где n — число трещин, пересекающих измеряемую прямую; L — длина измеряемой прямой, м.

Измерения с шагом 5—10 м на данном участке повторяются не менее двух раз. При измерении необходимо учитывать только естественные трещины, которые отличаются от искусственных, вызванных взрывом, относительной прямолинейностью, меньшей шириной и заполненностью породной мелочью.

В тех случаях, когда измерения по забою выполнить затруднительно и опасно, можно пользоваться количественным подсчетом числа трещин на поверхности откоса уступа. При этом забой рассматривается или фотографируется с заданного расстояния (20 м) через шаблон, на экране которого нанесена масштабная сетка. С помощью этой сетки может быть определено как среднее расстояние между трещинами, так и число крупных отдельностей.

Число крупных кусков на 1 м^3 массива (или взорванной горной массы) определяют по формуле, предложенной автором учебника:

$$N = \frac{n\sqrt{n}}{S\sqrt{S}},$$

где n — число крупных отдельностей (кусков) на измеряемой площади S (м^2).

Содержание крупных кусков на участке слоистого массива определяется как отношение суммарной мощности слоев, включающих крупные куски, к суммарной мощности всех слоев.

При пользовании этим методом возможны ошибки, связанные с трудностью различить естественные и искусственные трещины на фотопланограммах. Рационально сочетать натурные измерения с фотопланометрическими, выполняемыми на всей поверхности откоса уступа.

При использовании метода кернов замеряется длина участков керна, разделенного на части по естественным трещинам. По упрощенному способу категория трещиноватости определяется по формуле

$$\lambda = \frac{l}{n},$$

где l — длина керна, м; n — число участков керна, разделенных по естественным трещинам.

Акустический метод заключается в определении соотношения скоростей продольных волн в массиве и в отдельности. Методика таких измерений разработана в МГИ и ИПКОНе АН СССР, а степень трещиноватости оценивают по акустическому показателю

трещиноватости, который равен соотношению квадратов скоростей продольных волн в массиве $v_м$ и в образце $v_о$: $A_т = \frac{v^2_м}{v^2_о}$.

Установлены следующие ориентировочные соотношения между категорией пород и акустическим показателем трещиноватости:

Категория пород по трещиноватости	I	II	III	IV	V
Акустический показатель трещиноватости	0,1	0,1—0,25	0,25—0,4	0,4—0,6	0,6—1,0

Степень трещиноватости может изменяться в результате воздействия на массив предшествующих взрывов.

Граница между целиком и нарушенным массивом может быть установлена различными методами: по скорости утечки воды из скважины, по изменению скорости бурения скважин и шпуров первого и последующих рядов, по изменению скорости прохождения акустических волн и т.д.

Наиболее простым и достаточно точным здесь может быть метод оценки свойств массива по скорости и энергоемкости бурения скважин в процессе подготовки блока к взрыванию. Для этого необходимо по каждому предприятию установить взаимосвязь между энергоемкостью бурения пород (шарошечного, пневмоударного и т. д.) и степенью их трещиноватости. Следует отметить, что в ряде случаев по скорости и энергоемкости бурения можно определить содержание полезных компонентов в рудах. Это наиболее точно получается для железных руд с большим содержанием полезного компонента (%). Работы в этом направлении проводились автором учебника, Б.В. Эквистом, Ю.И. Анистратовым, И.А. Тангаевым и др.

Для более полной характеристики горных пород с точки зрения эффективности их бурения и взрывания введены понятия: коэффициент крепости, буримость и взрываемость, которые определяются совместным влиянием рассмотренных выше механических характеристик пород. Эти понятия положены в основу классификаций горных пород по крепости, буримости и взрываемости.

2.2. КЛАССИФИКАЦИИ ГОРНЫХ ПОРОД

Классификации горных пород имеют большое практическое значение при ведении горных работ с точки зрения выбора типа бурильных машин, методов взрывных работ, определения норм выработки и расхода взрывчатых материалов.

Ниже приведены некоторые применяемые классификации горных пород.

Классификация горных пород проф. М.М. Протодьяконова

В основу этой классификации положен коэффициент крепости горных пород *f*, который характеризует прочность горных пород на раздавливание при одноосном сжатии. Принято, что порода с прочностью на раздавливание 100 кгс/см^2 ($9{,}8 \cdot 10^6$ Н/м^2) имеет коэффициент крепости, равный единице. Таким образом, порода, обладающая прочностью, например, 1000 кгс/см^2 ($9{,}8 \cdot 10^7$ Н/м^2), имеет коэффициент крепости по классификации проф. М.М. Протодьяконова:

$$f = \frac{1000\,\text{кгс/см}^2}{100\,\text{кгс/см}^2} = \frac{9{,}8 \cdot 10^7\,\text{Н/м}^2}{9{,}8 \cdot 10^6\,\text{Н/м}^2} = 10,$$

т.е. коэффициент крепости показывает, во сколько раз данная порода крепче другой, крепость которой принята за единицу.

Проф. М.М. Протодьяконов считал, что коэффициент крепости характеризует породу во всех производственных процессах, т.е. если данная порода крепче другой в некоторое количество раз, например, при бурении, то она, как правило, во столько же раз крепче ее и при других производственных процессах, например, при взрывании.

Классификация проф. М.М. Протодьяконова (табл. 2.2) имеет 10 категорий (от I до X), часть из которых разбита на подкатегории (III–VII). Породы самые крепкие относятся к I категории, самые слабые — к X категории. Каждой группе пород соответствует коэффициент крепости от 0,3 до 20. Эта классификация до настоящего времени на многих горно-добывающих предприятиях стран СНГ применяется для ориентировочной оценки пород, а также при укрупненных проектных и сметных расчетах.

Таблица 2.2

Классификация пород М.М. Протодьяконова

Категория пород	Степень крепости	Горные породы	Коэффициент крепости f
I	В высшей степени крепкие породы	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты. Исключительные по крепости другие породы	> 20
II	Очень крепкие породы	Очень крепкие гранитовые породы. Кварцевый порфир, очень крепкий сланец. Менее крепкие, нежели указанные выше кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки	15
III	Крепкие породы	Гранит (плотный) и гранитовые породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды	10
IIIa	То же	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор, доломит, колчедан	8
IV	Довольно мягкие породы	Обыкновенный песчаник. Железные руды	6
IVa	То же	Песчанистые сланцы. Сланцевые песчаники	5
V	Породы средней крепости	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4
Va	То же	Разнообразные сланцы (некрепкие), плотный мергель	3
VI	Довольно мягкие породы	Мягкий сланец. Очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Мерзлый грунт, антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник, сцементированная галька	2

Окончание табл. 2.2

Категория пород	Степень крепости	Горные породы	Коэффициент крепости f
VIa	То же	Щебенистый грунт. Разрушенный сланец, слежавшийся сланец, слежавшаяся галька и щебень, крепкий каменный уголь. Отвердевшая глина	1,5
VII	Мягкие породы	Глина (плотная). Мягкий каменный уголь. Крепкие наносы, глинистый грунт	1,0
VIIa	То же	Легкая песчанистая глина, лесс, гравий	0,8
VIII	Землистые породы	Растительная земля. Торф, легкий суглинок, сырой песок	0,6
IX	Сыпучие пески	Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5
X	Плывучие породы	Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лесс и другие разжиженные породы, грунты	0,3

Для оперативного нормативания классификация пород проф. М.М. Протодьяконова непригодна. Для этих целей пользуются классификациями по буримости и взрываемости.

Единая классификация горных пород по буримости

Специальной комиссией при бывш. ИГД АН СССР на основе исследований проф. А.Ф. Суханова разработан проект единой классификации по буримости. Буримость пород в этой классификации характеризуется чистой скоростью бурения шпура при следующих стандартных условиях опыта: тип бурильного молотка ПР-19 (ПР-22); давление сжатого воздуха — 4,5 кгс/см^2 (0,45 МПа); характеристика бурового инструмента: диаметр головки бура — 42 мм; форма лезвия бура — крестовая; угол заострения лезвия — 90°; длина штанги — 1 м; глубина бурения — до 1 м.

В случае проведения опыта при условиях, отличных от стандартных, вводятся соответствующие поправочные коэффициенты. После определения скорости бурения по классификации находится наиболее близкая величина табличной скорости и порода относится к этому классу. На этом принципе составлено большое количество классификаций для определенных условий рудников, карьеров, бассейнов (табл. 2.3).

Параллельно с созданием классификаций по скорости бурения проводилась классификация пород по энергоемкости бурения для определенных типов буровых машин. Преимущество таких классификаций в том, что энергоемкость позволяет оценить, кроме буримости, эффективность применяемого способа (машины, станка), так как чем меньше энергоемкость, тем более эффективно реализуется процесс разрушения породы и удаления продуктов разрушения с забоя. За меру эффективности принято значение энергоемкости a:

$$a = \frac{A}{V_{\text{п}}},$$

где A — затраты энергии на бурение, $A = Nt$; N — потребляемая мощность, кВт; t — время работы станка при выбуривании объема породы $V_{\text{п}}$.

Одна из первых таких классификаций была составлена в 1867 году для бурения скважин на карьерах Колывано-Воскресенских заводов (Урал). После широкого распространения для бурения взрывных скважин ударно-канатных станков Я.Б. Зайдманом и П.П. Назаровым в 30-х годах была разработана классификация пород по энергоемкости для этого способа бурения. Проф. И.А. Тангаевым разработана классификация по энергоемкости применительно к шарошечному способу бурения. При этом им показано, что на энергоемкость влияют прочность и трещиноватость пород, т.е. чем более трещиновата порода, тем меньше энергоемкость ее бурения, но тем легче она разрушается при взрыве и более производительно грузится экскаваторами. Таким образом, И.А. Тангаеву удалось по энергоемкости шарошечного бурения оценить взрываемость пород в обуренном объеме блока, чего не удавалось сделать по другим классификационным критериям. Аналогичную информацию о свойствах обуриваемого массива

(прочность и трещиноватость) можно получить по чистой скорости бурения при определенных режимах (прочность) и уровню низкочастотных вибраций бурового става (трещиноватость). Указанная методика разработана в МГИ.

Классификации пород по взрываемости основаны на определении величины удельного расхода определенного ВВ при стандартных условиях взрывания. При этом в результате взрыва порода должна разрушаться на куски определенной крупности.

В настоящее время на многих рудниках и карьерах разработаны местные классификации массивов пород по взрываемости, в основу которых положены свойства массивов: трещиноватость и прочность отдельностей, наиболее существенно влияющие на расчетный удельный расход ВВ. Сравнительный анализ таких классификаций показывает, что в каждой из них имеются легковзрываемые, трудновзрываемые и весьма трудновзрываемые массивы пород. Иногда в классификации вводятся промежуточные классы выше средней взрываемости и т. д. Сравнение одинаковых по характеристике взрываемости массивов показывает, что расчетный удельный расход в них может отличаться в 2 раза и более (например, для трудновзрываемых массивов от 0,42 до 0,85 кг/м^3 и т. д).

Объективное сравнение взрываемости пород по таким «местным» классификациям невозможно. Поэтому МГИ совместно с ВНИИцветметом (авторы Б.Н. Кутузов и В.Ф. Плужников) разработана общая классификация массивов пород по взрываемости для карьеров, исходя из стандартных условий проведения ее оценки. За стандартные условия проведения опытных взрывов приняты: высота уступа 12—15 м, угол откоса 65—70°, диаметр скважин 243—269 мм, ВВ — граммонит 79/21; схема взрывания многорядная, КЗВ с замедлениями по диагоналям, величина перебура 2 м, величина забойки 6 м.

При взрыве должен быть обеспечен выход крупной (свыше 1000 мм) фракции пород, близкий к нулю.

Установлено, что для стандартных условий взрывания расчетный расход ВВ на карьерах в основном меняется от 0,1 до 2 кг/м^3. Чем выше расчетный удельный расход ВВ, тем больше диапазон его изменения в пределах одного класса.

Таблица 2.3

Сравнение некоторых классификаций горных пород

Группа пород по СНиП	Единая классификация горных пород по буримости		Классификация пород проф. М.М. Протодьяконова	
	Класс пород	Скорость бурения (мм/мин) армированными бурами	Категория пород	Коэффициент крепости f
XI	1	31	—	—
	2	40	—	—
	3	50	—	—
	4	60	—	—
X	5	75	I	20
	6	90	II	15
IX	7	110	III	10
	8	130	IIIa	8
VIII	9	16	IV	6
	10	200	IVa	5
VII	11	250	V	4
	12	300	Va	3
VI	13	350	VI	2
	14	400	VIa	1,5
IV—V	15	500	VII	1,0
III	—	—	VIIa	0,8
II	—	—	IX	0,5
I	—	—	X	0,3

На основе изложенных принципов (авторы Б.Н. Кутузов, В.Ф. Плужников) установлено, что все разнообразие массивов пород по взрываемости можно разделить на 10 категорий (классов) (табл. 2.4). Эта классификация массивов по взрываемости введена на железорудных карьерах для выбора расчетных удельных расходов ВВ при проектировании массовых взрывов.

На конкретном карьере могут быть породы трех, максимум четырех категорий (например, II, IV, VIII или III, VI и X). Однако в местных классификациях они названы, как правило, одинаково: легко-, средне- и трудновзрываемые. С введением этой классификации массивов можно дать объективную сравнительную оценку трудности взрывания различных массивов на разных карьерах.

Таблица 2.4

Классификация массивов горных пород по взрываемости для карьеров

Категория (класс по взрываемости)	Расчетный удельный расход ВВ, кг/м^3	Расстояние между естественными трещинами всех систем в массиве, м	Содержание в массиве отдельностей (%) размером	
			более 500 мм	более 1500 мм
I	0,12—0,18	< 0,10	0—2	0
II	0,18—0,27	0,05—0,25	2—16	0
III	0,27—0,38	0,20—0,5	10—52	0—1
IV	0,38—0,52	0,45—0,75	45—80	0—24
V	0,52—0,68	0,70—1,0	75—98	2—15
VI	0,68—0,88	0,95—1,25	96—100	10—30
VII	0,88—1,1	1,20—1,5	100	25—47
VIII	1,11—1,37	1,45—1,7	100	43—63
IX	1,37—1,68	1,65—1,9	100	58—78
X	1,68—2,03	> 1,85	100	75—100

Окончание табл. 2.4

Категория (класс по взрываемости)	Предел прочности пород на сжатие, Па·10^5	Плотность пород ρ, г/см^3	Примерные категории (группы) пород		
			по Протодьяконову	по Единой шкале буримости	по СНиПу
I	100—300	1,40—2,0	VII—VI	V—VIII	III—V
II	200—450	1,75—2,35	VI—V	VII—X	V—VI
III	300—650	2,25—2,55	V—IV	IX—XII	VI—VII
IV	500—800	2,50—2,80	IV—III	XI—XIII	VII—VIII
V	700—1200	2,75—2,9	III—III	XIII—XV	VIII—IX
VI	1100—1600	2,85—3,0	III—II	XIV—XVI	IX—X
VII	1450—2050	2,95—3,2	II—I	XXV	X
VIII	1950—2500	3,15—3,40	I	XVII—XX	X—XI
IX	2350—3000	3,35—3,6	I	XIX—XX	X—XII
X	>2850	≥3,5	I	XX	XI

Таблица 2.5

Величина расчетного удельного расхода взрывчатого вещества (аммонит 6ЖВ)

Порода	Группа (категория) грунтов и пород по СНиПу	Коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодьяконова	Средняя плотность породы ρ, кг/м^3	Расчетный удельный расход ВВ q, кг/м^3	
				для зарядов рыхления $q_р$	для зарядов выброса $q_в$
Песок	I	—	1500	—	1,6—1,8
Песок плотный или влажный	I—II	—	1650	—	1,2—1,3
Суглинок тяжелый	II	—	1750	0,35—0,4	1,2—1,5
Глина ломовая	III	—	1950	0,35—0,45	1,0—1,4
Лесс	III—IV	—	1700	0,3—0,4	0,9—1,2
Мел, выщелоченный мергель	IV—V	0,8—1,0	1850	0,25—0,3	0,9—1,2
Гипс	IV	1,0—1,5	2250	0,35—0,45	1,1—1,5
Известняк-ракушечник	V—IV	1,5—2,0	2100	0,35—0,6	1,4—1,8
Опока, мергель	IV—VI	1,0—1,5	1900	0,3—0,4	1,0—1,3
Туфы трещиноватые, плотные, тяжелая пемза	V	1,5—2,0	1100	0,35—0,5	1,2—1,5
Конгломерат, брекчии на известняковом и глинистом цементе	IV—VI	2,3—3,0	2200	0,35—0,45	1,1—1,4
Песчаник на глинистом цементе, сланец глинистый, слюдистый, серицитовый мергель	VI—VII	3,0—6,0	2200	0,4—0,5	1,2—1,6
Доломит, известняк, магнезит, песчаник на известняковом цементе	VII—VIII	5,0—6,0	2700	0,4—0,5	1,2—1,8

Окончание табл. 2.5

Порода	Группа (категория) грунтов и пород по СНиПу	Коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодьяконова	Средняя плотность породы ρ, кг/м³	Расчетный удельный расход ВВ q, кг/м³	
				для зарядов рыхления $q_р$	для зарядов выброса $q_в$
Гранит, гранодиорит	VII—X	6—12	2800	0,5—0,7	1,7—2,1
Базальт, диабаз, андезит, габбро	IX—XI	6—18	3000	0,6—0,75	1,7—2,2
Кварцит	X	12—14	3000	0,5—0,6	1,6—1,9
Порфирит	X	16—20	2800	0,7—0,75	2,0—2,2

Примечания: 1. В случае применения других ВВ приведенные в таблице значения $q_р$ и $q_в$ следует умножить на переводной коэффициент $K_{ВВ}$, принимаемый по табл. 2.6.

2. Коэффициент q условно называют удельным расчетным расходом ВВ для зарядов нормального рыхления, его величина определена из выражения $q = q_в N_q$; коэффициент $q_в$ условно называют расчетным удельным расходом ВВ для зарядов выброса, который зависит от свойств пород. N_q — относительная масса заряда, определяющая характер действия взрыва, равная отношению масс данного заряда к заряду нормального действия при одной и той же ЛНС. Для зарядов нормального рыхления N_q принята равной приблизительно 1/3. Для получения заданного характера действия взрыва заряда принимают следующие величины N_q: для наибольшего камуфлета $N_q = 0{,}2$; для нормального рыхления $N_q = 0{,}33$; для выброса $N_q > 1$.

Таблица 2.6

Переводные коэффициенты расчета эквивалентных зарядов ВВ по идеальной работе взрыва (эталон — аммонит 6ЖВ)

ВВ	$K_{ВВ}$	ВВ	$K_{ВВ}$
Гранулит С-6М	0,94	Гранулит М	1,13
Акватол Т-20	0,92	Игданит	1,13
Гранулит АС-8	0,89	Гранитол 7А	0,85
Аммонал водоустойчивый	0,91	Гранипоры	1,14
Гранулит АС-4	0,98	Акватол ЗЛ	1,16
Аммонит 6ЖВ	1,00	Акванал А-10	0,92
Порэмиты	1,1—1,2	Сибириты	1,0—1,2
Карбатол ГЛ-10В	0,76	Граммонит 79/21	1,00

Окончание табл. 2.6

ВВ	$K_{ВВ}$	ВВ	$K_{ВВ}$
Аммонал скальный № 3	0,80	Гранулотол	1,20
Гранулит АС-8В	0,80	Динафталит	1,08
Аммонит скальный № 1	0,81	Акватол Т-20Г	0,75
Детонит М	0,82	Граммонит 50/50	1,11
Алюмотол	0,83	Гранулит С-2	1,13
Примечание. На основании практических данных треста «Союзвзрывпром» при взрывании гранулотола на рыхление следует принимать $K_{ВВ}$ = 1,0.			

Классификация пород по взрываемости (расчетному удельному расходу ВВ) треста «Союзвзрывпром» получена на основе обобщения громадного опыта взрывных работ в различных породах (табл. 2.5). При использовании других типов ВВ применяются поправочные коэффициенты, приведенные в табл. 2.6.

3. СОЗДАНИЕ СРЕДСТВ И СПОСОБОВ РАЗРУШЕНИЯ КРЕПКИХ ПОРОД БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В России первые пушечные выстрелы прозвучали при Дмитрии Донском. «Лета 6897 (1389 г.) вывезли из Немец арматы на Русь и огненную стрельбу и от того часу уразумели из них стреляти» — сообщает Голицынская летопись. Однако «Софийский временник» упоминает о более раннем боевом применении пушек — при обороне Москвы в 1382 г. от войск татарского хана Тохтамыша. Серьезное усовершенствование черного пороха сделано в 1525 г. (Франция) — вместо тонкого порошка (мякоти) начали использовать гранулированный (зерненый) порох. Тем не менее за твердыми черными зернами, кубиками и призмами размером от 1 мм до нескольких сантиметров в поперечнике сохранилось название «порошок, пудра, порох». До XV века в России огненный порошок называли «зелье», как и всякие другие смеси с удивительными свойствами. В Петербурге сохранилась улица Большая Зеленина, которая была названа при Петре 1 «Большая Зелейная», поскольку на ней находился пороховой завод. Современные бездымные метательные взрывчатые вещества, выпускаемые в виде зерен, пластинок, палочек и трубок различной формы и цвета, по традиции тоже называются порохами. Наряду с использованием пороха для стрельбы, боевое применение нашли и пороховые ракеты. Если в древнейшие времена они оказывали на противника скорее психологическое

воздействие (есть данные об использовании индусами ракет против войск Александра Македонского в IV в. до н.э.!), то затем появились штатные сигнальные и фугасные ракеты. Созданная в 1680 г. в Москве Петром 1 специальная мастерская «Ракетное заведение» разработала однофунтовую сигнальную ракету с высотой подъема до 1 км, использовавшуюся до конца XIX века. Боевые фугасные ракеты с дальностью полета 2,5—2,7 км разработали в начале XIX века полковник Конгрев (Англия) и генерал А.Д. Засядко. Древняя пиротехническая смесь сохраняет значение и в наше время. Последний патент получен в 1988 г. (№ 4681643, США) — разработано дешевое ракетное топливо на основе черного пороха и нитроцеллюлозы в качестве связующего.

Открытие метательной силы дымного пороха и использование его для стрельбы из орудий послужило могучим толчком к развитию военного дела. Оно вызвало необходимость разработки технологии изготовления порохов, строительства пороховых заводов и изыскания сырьевых источников для получения селитры, серы и угля.

Небольшие пороховые заводы существовали в ряде европейских стран, в том числе и в России в XIV веке.

Сначала дымный порох применялся для стрельбы в виде порошка — пороховой мякоти (прах, пыль) и в России назывался зельем. Название «зелье» происходит от медицинского термина «лекарство». Он имел разнообразный состав и низкую плотность. Заряжание орудий и особенно ружей пороховой мякотью было крайне неудобным и затруднительным. Необходимость увеличения скорострельности оружия привела к замене пороховой мякоти пороховыми зернами. Введение на пороховых заводах операции зернения относится к концу XV века. По литературным данным, в России зерненый порох применялся для стрельбы из орудий в 1482 г.

Составы дымного пороха этого времени, применявшиеся в России, были: для ручного оружия — 60 % селитры, 20 % серы и 20 % угля; для малокалиберных орудий — 56 % селитры, 22 % серы и 22 % угля; для крупнокалиберных орудий — 57 % селитры, 14 % серы и 29 % угля.

Пороховое дело в России получило заметное развитие уже в XVI в., когда были построены новые пороховые заводы, улучшены состав пороха и технология его получения. Порох в этот период широко используется для подрывных целей, особенно при осаде крепостей. Количество произведенного пороха при Иване Грозном только для потребностей армии составляло около 300 т в год. Дальнейший и наиболее существенный шаг в развитии порохового производства в России сделан в начале XVIII века при Петре 1.

В 1710—1723 гг. были построены крупные государственные пороховые заводы — Петербургский, Сестрорецкий и Охтинский. Последний просуществовал свыше двухсот лет и сыграл в истории отечественного пороходелия исключительную роль как центр научно-технических исследований в области взрывчатых веществ и порохов.

Под руководством выдающихся мастеров порохового дела Егора Маркова и Ивана Леонтьева была усовершенствована технология производства дымного пороха — введена обработка тройной смеси под бегунами, что повысило плотность порохов и их стабильность при горении.

Сила пороха определялась стрельбой из вертикальной мортирки. На дно мортирки насыпался заряд пороха массой 12 г, а на него ставили конус твердого дерева со свинцовым сердечником. При сгорании пороха образующиеся газы подбрасывали конус на определенную высоту, которая и являлась харак-

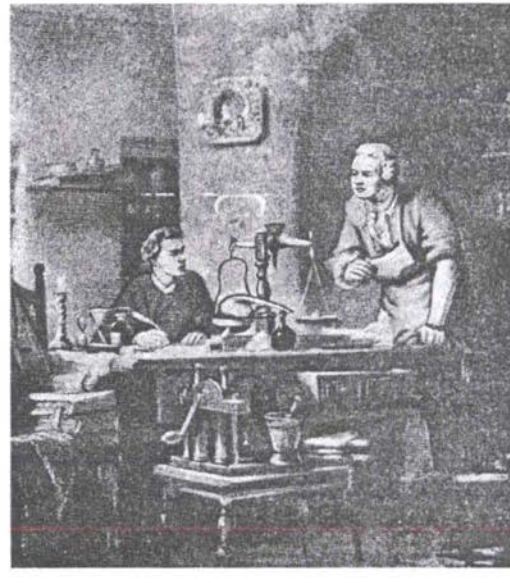


Рис. 3.1. М.В. Ломоносов в своей лаборатории (с картины А. Васильева)

теристикой силы пороха. Требовалось, например, чтобы для пороха к ручному оружию высота подброса конуса была не менее 30 м.

В конце XVIII века в результате теоретических и экспериментальных исследований дымного пороха и его составных компонентов, проведенных в 1748 г. М. В. Ломоносовым (рис. 3.1) в России, а позднее Лавуазье и Бертло во Франции, был найден наиболее оптимальный его состав: 75 % калиевой селитры, 10 % серы и 15 % угля. Этот состав стал применяться в России с 1772 г. и практически не претерпел никаких изменений до настоящего времени.

В 1808—1809 гг. были проведены широкие сравнительные испытания русских порохов с английскими, австрийскими, французскими и швейцарскими. Результаты испытаний показали, что по пробе в вертикальной мортирке и по гидростатической пробе русские пороха оказались в баллистическом отношении более сильными по сравнению с иностранными, что указывало на хорошо подобранный их состав и совершенную технологию.

О качестве русского пороха капитан одного военного французского корабля в 1810 г. писал: «Лучший порох на свете — это русский — мы имели случай убедиться в превосходстве этого пороха над всеми известными сортами во время осады Корфу, когда русские бросали на значительное расстояние бомбы весом в 25 кг».

Большое научное и техническое значение имели экспериментальные исследования состава продуктов горения дымного пороха, проведенные профессором Артиллерийской академии Л.Н. Шишковым в 1857 г. Им было установлено, что при горении 1 г дымного пороха образуется 0,68 г твердых веществ (K_2SO_4, K_2CO_3, K_2S и ряд других) и 0,32 г газообразных продуктов (N_2, CO_2, CO и др.). Эти данные разъяснили причину образования дыма при выстреле и загрязнения канала ствола.

После изобретения в 1831 г. Бикфордом в Англии огнепроводного шнура дымный порох стал применяться для его изготовления.

Наиболее интенсивные работы по изменению состава, разработке новых форм пороховых элементов, усовершенствованию методов производства и испытаний дымных порохов были проведены в период принятия на вооружение армий нарезного оружия.

В конце XIX века техника производства дымного пороха достигла такого уровня, на котором за некоторым исключением она находится и в настоящее время. Технологический процесс его производства состоял из следующих операций:

1) измельчения селитры, серы и угля в виде двойных смесей в железных бочках с бронзовыми шарами;

2) приготовления тройной смеси путем смешения компонентов в деревянных, обшитых кожей, бочках с шарами;

3) уплотнения тройной смеси под бегунами и прессования в гидравлических прессах;

4) зернения пороховой лепешки на бронзовых вальцах с зубьями;

5) отпыловки, полировки и сортировки пороха;

6) укупорки пороха в мешки и ящики.

До конца XIX века на протяжении более пяти столетий дымный порох был по существу единственным взрывчатым веществом, которое применялось для метательных целей, для снаряжения снарядов и для проведения всевозможных подрывных работ в военном деле и в различных отраслях хозяйства.

3.2. ПОРОХ КАК ВВ В МИННЫХ КАМЕРАХ

С появлением артиллерии, чтобы приблизиться к городу или крепости, защищаемой огнестрельным оружием, стали применять траншеи и подземно-минную борьбу.

Для устройства обрушения крепостных стен стали использовать качественно новые мины, которые отличались от мин, описанных Вегецием и Витрувием, тем, что вместо горючих веществ в камеры стали помещать порох.

Впервые в подрывном деле порох был использован в 1439 г. при осаде Белграда для подрывания деревянных опор в минных камерах под крепостными стенами.

Считают, что в 1487 г. при осаде горного замка Скрезанелла (Сарацинелла) впервые порох был употреблен уже не для обрушения стоек, а для непосредственного нарушения самих стен крепости.

История сохранила сведения о применении крупных пороховых мин испанским инженером Педро Наварро в 1500 и 1503 гг.

«Взрывной» авторитет Наварро был настолько высок, что в 1515 г. герцог Сфорца панически сдал вполне способную к обороне цитадель лишь из опасения, что Педро может ее взорвать.

Большие количества пороха для одновременного взрыва применяли при осаде Милана (1515 г.), Стародуба (1535 г.), Родоса (1551 г.), Казани (1552 г.), Кагора (1580 г.) и замка Дре (1598 г.).

Но в горном деле, к середине XVI в., и для обрушения стоек, и для раскалывания породы все еще продолжали применять горючие вещества.

Одновременно с появлением пороха возникла потребность в средствах его взрывания. Решить эту задачу было несложно, так как взрыв пороха можно было вызвать простейшим тепловым импульсом — искрой или лучом пламени. Заряды черного пороха в минах взрывали при помощи «пороховой дорожки».

Простая идея — передать луч пламени заряду от подрывника, находящегося на безопасном расстоянии, — была известна так же давно, как известен порох. Однако человечеству для преобразования идеи «пороховой дорожки» в конструктивную форму современного огнепроводного шнура потребовалось почти шесть столетий.

Прототипом огнепроводного шнура были соломинки или бумажные трубочки, наполненные мелкозернистым порохом, пороховые стопины из катышков бумаги, волокон тростника и тому подобных материалов, обмазанных пороховым тестом, а затем высушенных.

Так как порох в этих средствах взрывания иногда сгорал почти мгновенно, то к ним приклеивали серную нитку (серянку) или кусок трута, зажигали его и отходили в укрытие. Но это было ненадежно.



Рис. 3.2. Горные работы в XVI в. (из книги Агриколы «О получении металлов», 1556 г.)

Применяли стопины из хлопчатобумажных нитей, пропитанных селитрой и опудренных пороховой мякотью.

Позднее стали использовать сосисы — кожаные или матерчатые тонкие трубки, набитые порохом. Однако они имели ряд недостатков: большую массу, недостаточную надежность и т.д. И только в 1831 г. англичанин Бикфорд предложил медленно горящий шнур с плотной сердцевиной из пороха в прочной джутовой оболочке, пропитанной смолой. Во второй половине XIX в. огнепроводный (бикфордов) шнур был повсеместно внедрен в практику взрывных работ и почти без изменений дошел до наших дней.

Скупые записи летописей о ходе событий на Руси не дают достаточного материала, чтобы точно установить, когда русские впервые применили порох для подрывных работ.

Достоверно известно, что против русских он был употреблен для подземно-минной борьбы в 1535 г. при осаде Стародуба.

Важнее другое. На территории нынешней Литвы свершился знаменательный акт, который по праву следует считать первым в мире созидательным, мирным взрывом, положившим начало взрывному делу.

В XVI в. р. Неман уже была важным речным путем и торговой коммуникацией между тяготеющими к ней городами и селениями, а также выходом к Балтийскому морю. Развивавшемуся судоходству мешали камни и скалы порогов.

Народный умелец Николай Тарло в 1548—1572 гг. решает сложную техническую задачу улучшения судоходства на р. Немане расчисткой русла реки взрывами пороховых зарядов. В этой связи кажется сомнительным, что русские впервые узнали о подземных минах только во время обороны Стародуба.

По дошедшим до нас сведениям, при Иване Грозном ежегодно изготовлялось 20 000 пудов селитры только для военных целей.

Уже в то время пороходелие достигло такого уровня, что порох мог в случае надобности без ущерба для артиллерии расходоваться в минных камерах, а также в горном деле (рис. 3.2).

3.3. «ЦАРСТВЕННАЯ КНИГА»

Десятитомная «Царственная книга», содержащая описание осады Казани, — это выдающийся культурно-исторический памятник XVI в.

Для истории взрывного дела она интересна тем, что в ней, наряду с чисто военными событиями, описываются уникальные и рекордные для своего времени взрывы.

Новое Казанское царство с момента своего возникновения в XV в. было враждебно России. Неоднократные опустошительные набеги заставили Ивана Грозного в 1552 г. предпринять поход, чтобы покончить с коварным соседом.

Казань по тем временам была первоклассной крепостью и оборонялась многочисленным войском царя казанского Едигера.

В начале осады Иван IV от перебежчика мурзы Камая узнал, что татары пользуются водой из тайника, к которому они ходят по подземелью, так как доступ к р. Казанке по левому берегу преградили стрельцы.

Царь приказал подкопаться под тайник, начав работу из ранее занятой казаками Дауровой башни.

Воины под руководством Алексея Адашева, Ивана Выродкова и розмысла* 10 дней вели подземную галерею, пока не услышали шаги татар, ходивших к тайнику по воду. В этом месте была устроена минная камера и в нее закатили 11 бочек пороху общей массой около 58 пудов (946 кг).

Заряд этот был слишком велик для подрывания тайника, и некоторые исследователи считали, что русские воеводы решили израсходовать такое огромное количество пороха только для того, чтобы получить внешний эффект, способный морально подавить противника, еще не знакомого со взрывами подземных мин.

В действительности же русские хотели одним взрывом решить две задачи: одновременно разрушить тайник и городскую стену.

Взрыв, произведенный 5 сентября 1552 г., был удачен: он разрушил тайник и часть крепостной стены. Воины ворвались в город, но удержаться не сумели и отступили.

Иван Грозный приказал готовиться к общему приступу. Одновременно вели три новых подкопа. В каждую минную камеру было заложено около 240 пудов (3,9 т) пороха. Такие большие заряды были необходимы потому, что расстояние от заряда до поверхности земли было около 7,5 сажен (15,75 м).

Первый взрыв был произведен 30 сентября. Стрельцы штурмом овладели башней и частью крепостной стены.

---

* Древнеславянское слово «розмысл» (размысл) равнозначно современному понятию «инженер» — мыслящий, знающий свое дело специалист.



Рис. 3.3. Закладка бочек с порохом под стены Казанской крепости (миниатюра из «Царственной книги»)



Рис. 3.4. Взрыв горна под стенами Казанской крепости (миниатюра из «Царственной книги»)

По планам Ивана Грозного это была репетиция генерального штурма.

Утром 2 октября с восходом солнца грянул взрыв. Не успели осажденные опомниться, как последовал еще более сильный взрыв. Осажденные пришли в страшное смятение; атакующие со всех сторон бросились на приступ. К полудню Казань пала.

«Царственная книга» содержит кроме описания осады Казани иллюстрирующие ее миниатюры (рис. 3.3, 3.4).

Одна из них воспроизводит момент закладки бочек с «зелием» в подкоп, а другая — момент взрыва мин.

Вероятно, это первые дошедшие до нашего времени русские рисунки, относящиеся к минно-подрывному делу.

3.4. ОТКРЫТИЕ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ДЫМНОГО ПОРОХА

Первым взрывчатым веществом, применявшимся в военной технике и в различных отраслях хозяйства, был дымный или черный порох — смесь калиевой селитры, серы и угля в различных соотношениях. Появление дымного пороха относится к глубокой древности. Полагают, что взрывчатые смеси, подобные дымному пороху, были известны за много лет до нашей эры народам Китая и Индии, где селитра самопроизвольно выделяется из почвы. Вполне естественно, что население этих стран случайно могло обнаружить взрывчатые свойства селитры в смеси ее с углем, а затем воспроизвести и применить эту смесь для различных целей.

Наиболее вероятно, что из Китая и Индии сведения о дымном порохе распространились сначала к арабам и грекам, а затем и к народам Европы.

Фридрих Энгельс в статье «Артиллерия», опубликованной в американской энциклопедии в 1858 г. (Ф. Энгельс. Избранные военные произведения. — Т. 1. — Воениздат, 1940. — С. 206—207), писал:

«В настоящее время почти общепризнано, что изобретение пороха и применение его для бросания тяжелых тел в определенном направлении — восточного происхождения».

Первый достоверный случай широкого применения пушек относится лишь к 1232 году нашей эры, когда китайцы, осажденные монголами в Кайфыне, защищались посредством пушек, стрелявших каменными ядрами, и употребляли разрывные бомбы, петарды и другие огнестрельные припасы, имевшие в своем составе порох.

В древних индусских сочинениях мы читаем об огневых приборах на повозках, принадлежащих властителю Дели. Спустя сто лет артиллерия вошла в Индии во всеобщее употребление.

Арабы получили селитру и огнестрельные припасы от китайцев и индусов, византийские греки впервые познакомились с огнестрельными припасами у своих врагов, арабов.

От арабов, живших в Испании, знакомство с выработкой и употреблением пороха распространилось на Францию и на Восточную Европу.

Документами, показывающими, что Китай является первой страной, где изобретен дымный порох, свидетельствуют исследования ученых Китайской Народной Республики. Профессор Центрального института национальных меньшинств КНР Фэн Цзя-шен указывает (журнал «Народный Китай», № 14, июль 1956 г., с. 37—40), что на рубеже V и VI столетий китайский медик Тао Хун-цзин изучал горение селитры. Однако изготовлять порох из смеси серы, селитры и древесного угля научились в Китае лишь через три — четыре столетия после Тао Хун-цзина.

В начале IX века алхимик Нин Сюй-цзы занимался накаливанием смеси из серы, селитры и растения — кокорника. Эта смесь по своим свойствам была похожа на порох и в дальнейшем развивалась специалистами военного дела.

В 970 г. во время Сунской династии Фэн И-шэн и Юэ И-фон стали применять зажигательные стрелы, в наконечниках которых закладывался медленно горящий порох. В китайском трактате «Основы военного дела», написанном в 1040 г., содержалось три рецепта изготовления дымного пороха, причем скорость горения его регулировалась добавкой различных веществ (например, смолы), и он применялся как воспламенительное и взрывчатое вещество.

В 1132 г. Чень Гуй изобрел огнестрельное оружие — пищаль, бамбуковый ствол которого набивался дымным порохом. При зажжении пороха фитилем из ствола вылетало пламя, поражавшее противника.

В XIII — XIV вв. стволы огнестрельного оружия изготовлялись из меди и железа, а поражающими элементами являлись камни, железные ядра, галька и обрезки железа.

В начале XIII века рецепты пороха, способ его изготовления и огнестрельное оружие в результате развития торговых отношений и культурного обмена проникли из Китая в Аравию.

Мнения многих историков сходятся на том, что изобретение дымного пороха нельзя приписать одному лицу, что в этом принимали участие, независимо один от другого, много лиц, постепенно совершенствовавших взрывчатую смесь, впервые открытую в Китае.

В этом направлении работали известные алхимики-монахи Марк Грек, Альберт Магнус, Роджер Бекон, Бертольд Шварц и др.

В рукописи греческого монаха Марка Грека «Книга огней», написанной в конце IX века, мы уже находим описание рецепта дымного пороха, состоящего из 60 % селитры, 20 % серы и 20 % угля.

Английский монах Роджер Бекон в 1242 г. в книге «Liber de Nullitate Magiae» приводит рецепт дымного пороха для ракет и фейерверков. В нем даются следующие соотношения между компонентами: 40 % селитры, 30 % угля и 30 % серы.

Сначала дымный порох применялся как взрывчатая смесь для приготовления фейерверков, создававших дымовые и огненные эффекты. Затем его стали применять в военном деле для снаряжения различных снарядов и позднее в качестве метательного вещества.

Начало применения дымного пороха для стрельбы из орудий точно не установлено. Более или менее достоверными сведениями по этому вопросу являются следующие.

В 1132 г. в Китае изобретена пищаль с бамбуковым стволом для стрельбы дымным порохом.

В китайской исторической литературе приведено много



Рис. 3.5. Б. Шварц (со старинной гравюры)

фактов использования черного пороха в мирных и военных целях. Однако эти сведения часто повторяются, а потому мы ограничимся приведенными выше.

В 1331 г. немцы при защите города Чевидале против итальянцев применяли огнестрельное оружие, действующее от заряда дымного пороха.

В 1346 г. англичане в битве при Кресси против французов применяли пушки, стрелявшие дымным порохом. Руководил этой стрельбой монах Бертольд Шварц (рис. 3.5), которому приписывается изобретение дымного пороха.

В 1382 г. русские при обороне Москвы от нашествия татарских орд применяли пушки, стрелявшие дымным порохом, и сосуды, снаряженные дымным порохом.

В пятидесятых годах XIX столетия состав военных дымных порохов в различных государствах Европы (России, Германии, Австрии, Франции, Англии, Италии и др.) был почти одинаков. Соотношения между компонентами колебались в следующих пределах: селитра 77,5—74,0 %, сера 12,5—8,0 %, уголь 16,0—12,5 %.

Для ручного оружия готовился ружейный порох с размерами зерен от 0,55 до 1,00 мм, а для орудий — артиллерийский порох с размерами зерен от 1,25 до 2,0 мм. Для дальнобойных орудий большого калибра был разработан крупнозернистый порох с размером зерен от 6 до 10 мм. Применение крупнозернистых порохов увеличило время горения порохов, но не решило проблемы прогрессивности их горения. Этот вопрос был положительно решен лишь после изобретения А. В. Гадолиным и Н.В. Маиевским в 1868 г. прогрессивно-горящего пороха в виде шестигранных призм с семью каналами. Призмы с плотностью 1,68—1,78 г/см^3 получались путем прессования ружейного пороха в матрицах на механическом прессе проф. А. Н. Вышнеградского.

В США Родман предложил в 1870 г. прогрессивный порох в виде дисков с отверстиями. Во Франции по предложению Кастана производили пороха параллелепипедной формы. В дальнейшем для снижения скорости горения стали применять бурый призматический порох, при производстве которого использо-

вался слабо обожженный древесный уголь с содержанием углерода 52—55 %.

Бурый порох имел следующее соотношение между компонентами: 76—80 % калиевой селитры, 2—4 % серы и 18—22 % древесного угля. В некоторых образцах бурого пороха сера совершенно отсутствовала.

В конце XIX века техника производства дымного пороха достигла такого уровня, на котором за некоторым исключением она находится и в настоящее время.

В 1874 г. Л. Х. Виннер в России предложил уплотнение тройной смеси производить на обогреваемых прессах при 100—105 °С. Этот метод получил название горячего метода прессования и сейчас почти вытеснил более опасный и энергоемкий метод уплотнения пороховой смеси под бегунами.

3.5. РАЗВИТИЕ ПОРОХОДЕЛИЯ В РОССИИ

Несмотря на ряд мер, принятых для увеличения производства пороха, на Руси ощущался недостаток сырья для его изготовления, и поэтому русские цари охотно обменивали на него отечественные товары. Так, в 1588 г. бояре царя Федора Иоанновича заключили с англичанами договор, одна из статей которого гласила: «Государь наш всякими товарами без вывета гостям английским торговати велел, только одного воску ни на который товар меняти не велел, кроме ямчуги (селитры) или зелья и серы»*.

В 1608—1618 гг. в Европе шла подготовка к войне, получившей впоследствии наименование Тридцатилетней. В это время Россия, ведя борьбу за свое существование против многочисленных врагов, реорганизует свою армию, расширяет производство селитры.

В годы Смоленской войны (1632—1634 гг.) производство пороха увеличивается. Строятся казенные селитряные варницы, поощряются и авансируются частные предприниматели.

---

* *Карамзин Н.М.* История государства Российского. — Т. X. — С. 189. — СПб, 1834.

Так, в конце XVII в. в окрестностях Москвы работали пороховые мельницы Аникеева, Рыца, Избранта, Селиверстова, Марыкаева, Вельского, Кондратьева и др.

Судя по грамотам царя путивльскому, белгородскому и курскому воеводам, селитроварение находилось под строгим контролем царя.

На производство селитры и пороха требовалось особое разрешение. Так, Григорий Строганов получил особое разрешение производить селитру в Сольвычегодске.

Первый государственный «казенный» завод в России был построен под Москвой в 1665 г., а в 1697 г. был сооружен Казанский пороховой завод.

Петр I, понимая, что недостаток боеприпасов помешает осуществлению его планов укрепления обороны страны, приложил много трудов для создания крупных пороховых заводов.

Увеличение объема производства пороха в России при Петре I сопровождалось рядом технических усовершенствований.

Самородок-изобретатель Яков Батищев в 1717 г. внедрил на Охтинском пороховом заводе новый способ «кручения» пороха гидравлическим способом.

В 1719 г. был введен новый бегунковый способ обработки компонентов пороха.



В 1724 г. Петр I вводит строгий «Регламент» приемки и испытания порохов, поступающих с «казенных» и частных заводов. В частности, было определено, что навеска кондиционного пушечного пороха в 3 золотника должна при ее воспламенении выбрасывать из ствола «пробной мортирки» «конус» массой в 24 золотника на высоту 71 английского фута (21,64 м), а мушкетный и пистолетный — на 100 футов (30,48 м), и при этом огова-

Рис. 3.6. Генерал П.И. Шувалов

ривалось: «что выше, то лучше», но ниже упомянутых футов — «иметь и приготовлять не велено».

В том же «Регламенте» было приказано: после возвращения военных кораблей из плавания высыпать порох из картузов в бочки и при этом сортировать его на годный, подлежащий пересушке и «который надлежит в переделку..., дабы после конфузии не было...».

В середине XVIII в. генерал-фельдмаршал П. И. Шувалов (1711—1762 гг.), фото которого приведено на рис. 3.6, ввел полировку пороховых зерен, что существенно повысило устойчивость пороха при хранении и перевозке. Он же в 1761 г. (на два года раньше, чем во Франции) ввел на ряде пороховых заводов раздельное измельчение составных частей пороха, что резко повышало безопасность работ в процессе его производства.

Ближайшими сотрудниками П. И. Шувалова были талантливые инженеры, в том числе М. В. Данилов (1732—1790 гг.) — изобретатель и автор трудов по артиллерии и пиротехнике.

3.6. ЗАРОЖДЕНИЕ ТЕОРИИ

Уже в 1552 г. русские минеры блестяще решали сложные вопросы, связанные с расчетом крупных зарядов, а в 1607 г. дьяком Пушкарского приказа Онисимом Михайловым был начат выдающийся труд XVII в. «Устав ратных, пушечных и других дел, касающихся до воинской науки, состоящий из 663 указов или статей», в котором были изложены вопросы подземно-минного дела и технологии производства пороха.

Через 75 лет после осады Казани и через 21 год после выхода «Устава», составленного Онисимом Михайловым (1628 г.), французский военный инженер де Вилль в труде «Фортификация» сделал попытку дать первую в истории техники формулу для расчета величин зарядов пороха.

Эта формула для простого горна, т.е. для заряда, образующего при взрыве нормальную воронку, имела следующий вид:

$$C = mh,$$

где C — величина заряда; m — коэффициент грунта; h — линия наименьшего сопротивления.

Формула де Вилля была только первой, робкой попыткой установить прямолинейную зависимость между массой заряда и производимым разрушением.

Маршал Франции Себастьен Вобан (1633—1707 гг.) прославился тем, что руководил осадой и принудил сдаться 53 крепости.

В ходе осад, когда Вобан взрывал подземные мины, он обнаружил крупное расхождение между формулой де Вилля и практикой.

Анализируя почины этого, он предложил новый метод расчета зарядов. В его основу маршал положил гипотезу, что масса заряда пропорциональна объему, а следовательно, и массе земли, вытесняемой взрывом из воронки, которая представляет собой геометрически правильный конус. Исходя из этих соображений, он предложил свою принципиально новую формулу:

$$Cm = h^3$$

или

$$C = h^3 \cdot 1/m.$$

Вобан впервые во Франции создал минную роту. Командиром этой роты был капитан Мегриньи, который собрал большое число опытных данных о взрывах пороха в Дуэ и Ля-Фере. Эти данные были использованы в трудах Белидора.

В 1729 г. вышла в свет книга «Новая теория минного инспектора минного корпуса Бернара Белидора (1698—1761 гг.), состоявшего действительным и почетным членом русской, французской и английской академий наук.

Де Вилль и Вобан полагали, что действие взрыва ограничивается воронкой простого горна и что с увеличением заряда всё действие продуктов взрыва идет по линии наименьшего сопротивления.

Белидор указал на ошибочность этого взгляда и доказал, что с увеличением массы заряда увеличивается и размер воронки,

причем ее диаметр может возрасти до шести линий наименьшего сопротивления. Кроме того, Белидор обнаружил и доказал существование отличающихся друг от друга сфер: сжатия, разрушения и сотрясения*.

Формула была выведена на основе двух гипотез: массы зарядов пропорциональны кубам радиусов разрушения h; воронка является не полным конусом, а усеченным и оканчивается сферической частью.

В конечном счете (при C в кг и h в м) согласно формуле Белидора для уменьшенного горна $C = 0{,}529h^3$, для нормального — $C = 1{,}5h^3$, усиленного — $C = 16{,}77h^3$.

Несмотря на то, что опыты Белидора в Ля-Фере продолжались 7 лет, они не убедили противников этой теории. В 1753 и 1754 гг. опытные взрывы полностью подтвердили идеи Белидора, и долгое время их уже никто не оспаривал.

Таким образом, с разработкой теории XVI и XVII вв. началась научная разработка теории взрывного дела.

Если практическая потребность в теоретическом обосновании расчета величины зарядов подталкивала вперед исследования и здесь были достигнуты известные успехи, то химизм и физическая сущность взрыва еще не были раскрыты и не перешагнули уровень мышления алхимиков средневековья.

Так, в 1715 г. Брандт утверждал, что «движущая сила пороха происходит от ветрообразного испарения селитры. Она холодна, но в ней заключается скрытый огонь, освобождаемый серой»**.

Эти «научные» объяснения природы взрыва уже не могли удовлетворить передовых ученых, и в 1748 г. Берлинская Академия наук объявила конкурс на лучшее объяснение происхождения и состава селитры.

---

* Об этих сферах будет сказано ниже.

** Исторические сведения об огнестрельном оружии, изданные по высочайшему повелению. — СПб, 1841.

3.7. М.В. ЛОМОНОСОВ О ПРИРОДЕ ВЗРЫВА

Выдающийся ученый, математик и физик Леонард Эйлер (1707—1783 гг.) высказал мнение, что из всех известных ему ученых наилучшее решение по берлинскому конкурсу мог бы дать М. В. Ломоносов и лично просил его взяться за эту работу.

Великий русский ученый дал согласие исследовать проблему и за короткий срок выполнил эту работу. В соответствии с требованиями своего времени он написал по-латыни рукопись «Dissertatio de generatione et natura nitri»* и в марте 1749 г. отправил ее в Берлин.

Блестящие работы Михаила Васильевича в области физики, химии, истории, литературы, горного дела и других наук широко известны. Но немногие знают его работы по теории взрыва. Между тем основы физики взрыва впервые в истории науки были заложены именно в его конкурсной работе.

В этом труде великий ученый показал, что взрывная сила пороха зависит от количества выделяющейся теплоты и, самое главное, от скорости реакции.

Таким образом, Михаил Васильевич впервые установил понятие и значение основных параметров, характеризующих взрывчатое превращение. Свои положения о скорости взрывчатого превращения он иллюстрирует сопоставлением скоростей горения пороха и других веществ. Так были заложены основы физики взрыва.

Явления взрыва, взрывчатые вещества привлекали к себе внимание множества крупных ученых разных эпох. Так, видный русский ученый и государственный деятель, почетный член Петербургской Академии наук, член Лондонского Королевского общества и ряда других иностранных академий граф Аполлос Аполлосович Мусин-Пушкин (1760—1805 гг.), фото которого приведено на рис. 3.7, был крупнейшим специалистом в области

---

* Диссертация о рождении и природе селитры. Впервые перевод на русский язык опубликован в 1948 г. в Полном собрании сочинений М.В. Ломоносова. — Т. 2. — С. 220—318. — М.: Изд-во АН СССР, 1948.

химии и технологии, металлов платиновой группы, а также соединений хрома и вольфрама. Тем не менее, и он занимался исследованиями селитры («Предположения об общих понятиях составления селитры и об учреждении искусственной нитровки», 1799 г.) и пороха.

Кроме проведения этих исследований А.А. Мусин-Пушкин искал новые ВВ, более мощные, чем порох. В частности, он открыл взрывчатые свойства смесей нитратов с фосфором, о чем сделал в 1798 г. сообщение на заседании Академии наук.



Рис. 3.7. А.А. Мусин-Пушкин

Одновременно с А.А. Мусиным-Пушкиным теорию и технологию ВВ разрабатывали русские ученые и инженеры И.А. Вельяшев-Волынцев, А.И. Маркевич, В.М. Севергин и другие.

Многие из этих работ были практически необходимы для совершенствования технологического процесса при систематическом росте производства пороха. Так, в 1745 г. на одном только Охтинском заводе было произведено 2819 пудов, в 1780 г. — 13 227, в 1790 г. — 2653 и в Отечественную войну 1812 г. — 41 911 пудов пороха*.

Предвидя последующий ход развития, М. В. Ломоносов в «Слове о пользе химии» высказывает идеи о неразрывной связи науки и практики, определяет химию как науку, развивающуюся в тесной связи с физикой и математикой. Этот же труд составил эпоху в истории развития ВВ, так как в нем было предопределено общее направление создания новых ВВ, обладающих более высокими свойствами, чем порох.

Черпая выводы из огромного экспериментального материала, Михаил Васильевич указал: «через слитие сильной селитря-

---

* *Каменев К.И.* Историческое описание Охтинского порохового завода. — СПб, 1891.

ной кислости* с некоторыми жирными материями не токмо страшное кипение, дым и шум, но и яркий пламень в мгновение ока воспаляется»**.

Таким образом, уже в 1751 г. Ломоносов показал, что воздействием азотной кислоты на «жирные материи» могут быть получены мощные ВВ.

Это открытие фундаментального характера имело весьма важные научные и практические последствия. Вскоре после того как было опубликовано «Слово о пользе химии», рядом ученых «через слитие сильной селитряной кислости с некоторыми жирными материями» было открыто много новых мощных взрывчатых и других весьма важных в технике веществ: мелинит (1771 г.), нитробензол (1834 г.), нитронафталин (1836 г.), нитроглицерин (1846 г.) и т. д.

В целях улучшения качества пороха русским правительством создавались специальные комиссии с привлечением видных ученых и инженеров, которыми были произведены крупные и разносторонние испытания порохов различных марок в 1756, 1781, 1803, 1806 гг.

Научная и техническая постановка дела изготовления, хранения, транспортирования и использования пороха в России приобрела строгую регламентацию еще во времена Петра I.

Многие иностранцы имели об этом весьма смутное представление и полагали, что русские мало разбираются в вопросах изготовления пороха.

Очень любопытный эпизод, показывающий ложное представление о России, приводит в своей книге П.М. Лукьянов***.

Зная об интересе Петра I к производству пороха, гамбургский барон фон Штаф в январе 1724 г. обратился к царю с предложением поступить к нему на «царскую службу».

---

* Азотная килота.

** *Ломоносов М.В.* Полное собрание сочинений.— Т. 2. — С. 366. — М.: Изд-во АН СССР, 1948.

*** *Лукьянов П.М.* История химических промыслов и химической промышленности России. — М.: Изд-во АН СССР, 1961. — С. 162—163.

Барон в начале послания сообщает, что его уже приглашали турки, обещавшие ему «великую сумму» денег, если он приедет к ним со своими потрясающими секретами.

Какими же секретами барон думал соблазнить царя? Если применить современную терминологию, то ни больше ни меньше, как детонацией пороха (!) на больших расстояниях.

Фон Штаф не делал секрета из своего «открытия» и сообщал царю суть «изобретения», «ежели сии и еще оныя секретныя хитрости Вашему... Величеству угодны» будут. Им, мол, изобретен «симпатический зажигательный порох». Если его тайным способом примешать к пороху, который хранится во вражеском арсенале, то «когда потребно оный магазин подорвать, то запалить немного того симпатического пороху, и толь бы далеко от того магазина не был, то оный тотчас взорвет, коль скоро другой симпатический порох зажжен будет. Сим можно великия тайныя дела учинить».

Чтобы возбудить еще большее желание заполучить мастера «великий тайных дел», барон посулил Петру I изготовить особое зажигательное ядро, телегу грузоподъемностью «1000 и более центеров», которую пять человек могут возить без лошади, печь без трубы, которая «изнуряет в себе весь чад и дым» и т. д. и т. п.

За сообщение этих «секретов» барон поставил условие, чтобы он был произведен в генерал-лейтенанты царской армии и ему были выданы до отъезда из Гамбурга 20 000 червонных и паспорт на въезд в Россию.

Петр I, вообще проявлявший большой интерес к работам зарубежных ученых, мастеров, умельцев, многих из них приглашавший в Россию, в данном случае сразу понял, что имеет дело с примитивным шарлатаном, посмеялся над письмом любителя легкой наживы и не удостоил его ответом.

3.8. ИЗОБРЕТЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ПРИМЕНЕНИЯ БЕЗДЫМНЫХ ПОРОХОВ

Длительный застой в развитии взрывчатых веществ и порохов в течение многих столетий объяснялся низким уровнем естественных наук того времени и, в частности, химии.

В конце XVIII и в начале XIX века в ряде стран Европы зарождается капитализм.

В этот период отмечается гигантский скачок в развитии естествознания. Химия стала развиваться на научной основе.

Особенно важное значение имело возникновение нового раздела химии — органической, в результате развития которой появилось новое сырье и различные методы использования природных материалов.

Общий прогресс науки и промышленности вызвал небывалые до этого времени открытия в области взрывчатых веществ и порохов.

Одно за другим синтезировались взрывчатые вещества, превосходящие по силе дымный порох. В 1832—1838 гг. открыта нитроцеллюлоза, в 1845 г. в России и Германии был получен и исследован пироксилин. В 1847 г. в Италии (Собреро) был получен, а в России в 1853 г. исследован нитроглицерин.

К началу 1890 г. были созданы предпосылки для получения нитроцеллюлозных порохов на спирто-эфирном растворителе и на нитроглицерине.

Переворот в военном пороходелии в конце прошлого столетия не являлся случайным. Это не результат гениальности одного лица или счастливого открытия исследователя. Он был подготовлен всем развитием науки и промышленности XIX века.

Над разрешением проблемы получения более мощных и бездымных порохов, вызванной необходимостью повышения начальных скоростей снарядов и скорострельности орудий, работали сотни ученых и специалистов во многих странах мира.

Первенство в изобретении бездымного пироксилинового пороха принадлежит французскому инженеру Вьелю. В 1885 г. после многочисленных экспериментальных исследований он получил и испытал пироксилиновый пластинчатый порох, получивший название пороха «В».

Было установлено, что изготовленный Вьелем пироксилиновый порох не дает при стрельбе дыма, не оставляет нагара в канале ствола, горит параллельными слоями, имеет силу, в три

раза превышающую дымный порох, и позволяет значительно увеличить начальные скорости снарядов при меньшей по сравнению с дымным порохом массе заряда. В России пироксилиновый порох был получен Г.Г. Сухачевым в 1887 г.

Широкие опыты по разработке метода производства пироксилиновых порохов и создание промышленности бездымных порохов были начаты в конце 1888 г. под непосредственным руководством начальника мастерской Охтинского завода З.В. Калачева и при участии С.В. Панпушко, А.В. Сухинского и П.П. Федорова.

В конце 1890 г. в России был получен пироксилиновый порох на спирто-эфирном растворителе и в 1891 г. была изготовлена опытно-валовая партия пластинчатого пороха (общей массой 20 т) для патронов трехлинейной винтовки системы Мосина.

В дальнейшем были разработаны ленточные пироксилиновые пороха для орудий.

Одновременно с разработкой пороха в России под общим руководством А.В. Сухинского было начато строительство пироксилиновых и пороховых заводов.

Решающая заслуга в разработке технологии пироксилинового пороха в России принадлежит З.В. Калачеву. Он является творцом бездымного пороха в России, без помощи иностранцев установившим производство пороха и впоследствии усовершенствовавшим производство пироксилина.

В странах Западной Европы и Америке в девяностых годах XIX века были разработаны и частично приняты на вооружение нитроцеллюлозные пороха других составов, отличных от русского и французских порохов.

В 1888 г. шведским инженером Альфредом Нобелем был предложен пироксилино-нитроглицериновый порох — твердый раствор коллодионного хлопка (коллоксилина) в нитроглицерине. Количество нитроглицерина в порохе Нобеля составляло 40—60 %; позже в состав этого пороха добавлялись инертные примеси (например, камфара) для снижения скоро-

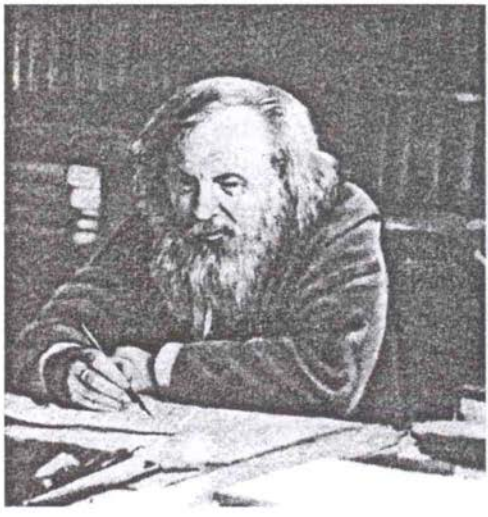


Рис. 3.8. Д.И. Менделеев

сти горения и дифениламин для повышения химической стойкости пороха.

Порох Нобеля под названием «баллистит» был принят на вооружение в Германии и Австрии и под названием «филлит» — в Италии.

Баллистит имел существенные преимущества перед пироксилиновым порохом. Он почти негигроскопичен и не увлажняется при хранении; его изготовление продолжается примерно один день, в то время как пироксилиновый порох должен был сушиться неделями и даже месяцами.

Другой тип нитроглицеринового пороха под названием «кордит» был предложен в 1889 г. Абелем и Дюаром в Англии. (Название «кордит» происходит от английского слова «cord», что значит «шнур» или «струна»).

Принципиально способ приготовления кордита не отличается от способа приготовления пироксилинового пороха.

Яркие страницы в историю пороходелия вписаны Д. И. Менделеевым (рис. 3.8) и его сотрудниками в результате работ по синтезу пироколлодия и разработке на его основе бездымного пороха.

При активном участии И.М. Чельцова, П.П. Федорова, С.Л. Вуколова и Л.Л. Рубцова в 1892 г. были получены образцы пироколлодионного пороха и произведена ими стрельба из морских орудий.

После того, как пироколлодионный порох выдержал испытания при стрельбе из морских орудий всех калибров, Д.И. Менделеев считал задачу по разработке бездымного пороха вы-

полненной и больше не возвращался к исследованиям в области порохов. Однако он любил свою временную работу, свой пироколлодионный порох. В статье «О пироколлодионном порохе» он писал: «Влагая то, что могу в дело изучения бездымного пороха, я уверен, что служу, по мере сил, мирному развитию своей страны и научному познанию вещей, слагающемуся из попыток отдельных лиц осветить узнанное». (Д.И. Менделеев.— Т. IX. — С. 253. — 1949).

Пироколлодионный порох Д. И. Менделеева был принят на вооружение американского военно-морского флота в 1897 г. и производился в громадных количествах на заводах США в период первой мировой войны и после ее окончания до замены его беспламенными негигроскопическими порохами.

В 1890 г. Д. И. Менделеев предложил обезвоживание пироксилина производить путем вытеснения из него воды этиловым спиртом, который к тому же необходим для последующей операции пластификации пироксилина спирто-эфирной смесью. После разработки аппаратуры для проведения обезвоживания (диффузоров, центрифуг и прессов) метод был принят почти во всех странах с 1895 г.

Таким образом, русские ученые и инженеры внесли большой вклад в дело совершенствования баллистических и физико-химических свойств нитроцеллюлозных порохов и технологии их изготовления.

Опыт первой мировой войны указал всем странам на необходимость создания мощной пороховой промышленности и всестороннего обеспечения ее сырьем. Этому вопросу уделялось много внимания во всех странах.

В связи с появлением минометов, мощных орудий и реактивных снарядов потребовалось разработать новые пороха.

В США в двадцатых годах XX столетия фирмой «Дюпон» были разработаны малогигроскопичные и беспламенные пироксилиновые пороха NP и NPH для орудий.

В связи с принятием на вооружение армии США порохов NH и FNH производство пироколлодионных порохов в США впоследствии было прекращено.

В Германии в 1936 г. были получены баллиститные пороха на основе труднолетучего растворителя нитродигликоля взамен нитроглицерина.

Это имело большое экономическое значение, так как исключало использование для порохов пищевого сырья и расширяло перечень исходных материалов.

В Советском Союзе в период 1930—1940 гг. разработаны нитроглицериновые баллиститные пороха для минометов, артиллерийских орудий и реактивных снарядов и создана промышленная база для их получения. В это же время был синтезирован новый труднолетучий растворитель нитроксилитан взамен нитроглицерина и разработаны вискозные пороха.

Во время второй мировой войны и Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. на вооружении армий находились следующие пороха.

В СССР производились и применялись пироксилиновые пороха на спирто-эфирном растворителе в виде трубок, зерен с одним, семью и четырнадцатью каналами; нитроглицериновые пороха баллиститного типа в виде шашек, трубок, лент, пластинок и колец; вискозные пороха в виде зерен без канала. Большое значение имели нитроглицериновые пороха НБ для минометов с калорийностью 1120—1160 ккал/кг, пороха Н и НМ2 для реактивных снарядов с калорийностью 870 ккал/кг и пороха НДТ для мощных орудий с калорийностью 710—765 ккал/кг.

В Германии производились и применялись пироксилиновые пороха на спирто-эфирном растворителе в виде трубок, лент, зерен без канала, с одним и семью каналами; нитроглицериновые и нитродигликолевые пороха баллиститного типа в виде трубок, пластинок, лент, колец, дисков и шашек. Часть нитродигликолевых порохов готовилась с добавкой до 30 % нитрогуанидина.

Ежегодное производство порохов в Германии достигало 250 тыс. т. Из них около 10 % пироксилиновых и 90 % баллиститных порохов.

В Соединенных Штатах Америки производились и применялись, главным образом, малогигроскопические и беспламен-

ные пироксилиновые пороха (NH и FNH) на спирто-эфирном растворителе с калорийностью 700—750 ккал/кг в виде зерен с семью каналами. Нитроглицериновые пороха баллиститного типа для реактивных снарядов и кордитного типа для минометов производились в незначительных количествах. Общая мощность пороховых заводов США во время второй мировой войны достигала 700 тыс. т в год. Фактическое производство порохов для нужд своей армии и для экспорта составляло около 300 тыс. т в год.

Послевоенный период развития пороходелия отражает опыт второй мировой войны и учитывает современные тенденции развития артиллерийской техники, особенно широкое внедрение во все роды войск реактивного вооружения.

Во всех странах большое внимание уделяется разработке различных ракетных порохов и созданию производственной и сырьевой базы для массового их производства.

К настоящему времени появились мощные нитроглицериновые баллиститные пороха с калорийностью 1250—1400 ккал/кг, необходимые для увеличения тяги реактивных двигателей. Получены суррогатные реактивные пороха на основе высокомолекулярных смол и неорганических окислителей, например перхлоратов. Разработаны ракетные пороха, способные устойчиво гореть при низких температурах и давлениях и при высоких плотностях заряжания. Для этого в пороховую массу вводят катализаторы и стабилизаторы горения и делают пороховые элементы оптимальной формы и размеров. В целях расширения сырьевой базы баллиститных порохов синтезирован и внедрен в производство ряд труднолетучих растворителей нитроцеллюлозы—нитродигликоль, нитроксилитан, нитрометриол и др.

Много внимания уделяется разработке малогигроскопичных, беспламенных и малоэрозионных порохов для орудий.

Борьба за высокое качество порохов, удовлетворяющих всем современным требованиям, за массовость и дешевизну их производства во время войны остается основной задачей для всех работников пороховой науки и промышленности.

Особое внимание специалистов по порохам и баллистике уделяется разработке новых составов и форм порохов для различных классов реактивных снарядов. Направлениями исследований в этой области являются: улучшение свойств и повышение мощности баллиститных порохов, разработка полимеризационных порохов и смесевых порохов. Вопрос о дальнейшей механизации и автоматизации производства порохов является повседневной заботой работников специальных институтов и пороховой промышленности.

В связи с программой «Конверсия» необходимо разнообразные пороха переработать в продукты, необходимые народному хозяйству. Для этого наиболее подходит путь преобразования бездымных порохов в промышленные ВВ гражданского назначения.

3.9. ПИРОКСИЛИН

Начиная с 30-х годов прошлого столетия химики разных стран, воздействуя азотной кислотой на различные органические вещества, открыли ряд новых ВВ.

В 1833 г. Браконно и Нанси, обрабатывая крахмал и древесину, получили ксилоидин. В 1834 г. был открыт нитробензол, а в 1836 г. — нитронафталин.

Воздействуя азотной кислотой на древесные опилки и бумагу, Пелуз в 1838 г. получил вещество, подобное ксилоидину, которое он назвал пироксилином. В 1845 г. Х. Ф. Шенбейн из Базеля получил такое же вещество, воздействуя азотной кислотой на вату.

Независимо от Пелуза, А.А. Фадеев (1810—1898 гг.), который первым начал широкие научные исследования технологических процессов производства ВВ, в 1846 г. впервые в России получил большое количество пироксилина.

Так как не удавалось получать достаточно чистый продукт, то пироксилин часто самопроизвольно разлагался со взрывом. Так, в 1862 г. произошел большой взрыв около Гиртенбурга (Австрия).

Казалось, что технология прочно освоена, однако Ф. Абеля ожидала крупная неудача.

В 1871 г. на построенном им в Стоумаркене заводе произошел взрыв 14,5 т сухого пироксилина, в результате которого было убито и ранено около ста человек. Это происшествие навело на мысль хранить пироксилин во влажном состоянии и только перед использованием высушивать. Вслед за этим было установлено, что влажный пироксилин детонирует от небольшого заряда сухого пироксилина. Д.И. Менделеев разработал технологию обезвоживания пироксилина спиртом, исключив, таким образом, опасную операцию сушки горячим воздухом.

По методу Д. И. Менделеева пироксилин изготовляли на заводе, построенном в 1880 г. по проекту И.М. Чельцова и лейтенанта Л.Г. Федотова.

Этот метод стали применять почти во всех странах мира.

В 1874 г. А.Р. Шуляченко вместе с капитаном А. В. Конюховым провел исследования взрывчатых свойств динамитов и пироксилина. В результате этих исследований в 1876 г. он издал книгу «О сравнительном значении взрывчатых составов», в которой впервые сообщалось о явлении детонации динамита на расстоянии («через влияние») на поверхности земли, под землей и под водой. Заметим, что несколько ранее, в 1872 г., французский капитан Памар и Ковилль обнаружили явление детонации на расстоянии. Однако ими не было дано ни качественных, ни количественных характеристик, не было сделано соответствующих выводов.

А.Р. Шуляченко сделал вывод о непригодности динамитов в военном деле. Такой вывод русского ученого шел вразрез с установившимися взглядами специалистов Пруссии, Франции и Австрии, где для военных нужд продолжали применять динамит.

В 1896 г. динамит в России был снят с вооружения и со снабжения войск в мирное время.

Исследования А.Р. Шуляченко продолжал профессор А.В. Сапожников (1868—1935 гг.), который в 1909 г. опубликовал свой труд «Теория нитрации клетчатки». В этой работе сформу-

лированы теоретические основы нитрующих смесей и нитрования целлюлозы. До настоящего времени эта книга является настольным справочником для многих специалистов, а его работы о действии ударной волны и по расчету безопасных расстояний остались основополагающими. Почти полстолетия пироксилин был одним из основных ВВ. В чистом виде он вышел из употребления. Однако диффузионный метод Д.И. Менделеева сушки ВВ этиловым спиртом применяется до сих пор почти во всех странах мира.

4. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БЕЗДЫМНЫХ ПОРОХОВ, ЭПОХА ДИНАМИТОВ А. НОБЕЛЯ И УЧЕНЫХ РОССИИ — МИРОВАЯ РЕВОЛЮЦИЯ В СОЗДАНИИ МОЩНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

4.1. ПРОДОЛЖЕНИЕ РАБОТ НАД БЕЗДЫМНЫМИ ПОРОХАМИ

С середины XIX века в исследовательских лабораториях крупнейших стран мира шли активные поиски бездымного пороха, и велись они уже достаточно осознанно. Химия и баллистика достигли высокого уровня.

Недостатки дымного пороха были известны; основные принципы получения бездымных взрывчатых веществ также были понятны; необходимое сырье — нитроклетчатка и нитроглицерин — было открыто. Тем не менее, получение бездымного пороха оказалось труднейшей научно-технической задачей, для решения которой были привлечены лучшие химики того времени. Чтобы победить, нужно стрелять дальше и точнее противника. А дымный порох со времен Бертольда Шварца не изменился и не мог измениться. Он достиг своего потолка уже много столетий назад и на фоне технических достижений XIX века начинал превращаться в анахронизм. К чему скорострельные винтовки, мощные орудия, точные калибры — ведь выше потолка не прыгнешь, дальше, чем позволяет порох, не выстрелишь. Беда пороха была не только в том, что он давал густой белый дым и черный нагар. Ведь при сгорании пороха только

сорок процентов его превращается в газы; остальное переходит в твердые вещества, не имеющие метательной силы. Об этой стороне изысканий новых видов пороха хорошо сказал Менделеев: «Черный дымный порох нашли китайцы и монахи — чуть ли не случайно, ощупью, механическим смешением, в научной темноте. Бездымный порох открыт при полном свете современных химических познаний. Он составит новую эпоху военного дела не потому, что не дает дыму, глаза застилающего, а потому преимущественно, что при меньшем весе дает возможность сообщать пулям и всяким иным снарядам небывалые скорости в 600, 800, даже 1000 метров в секунду».

История создания бездымного пороха начинается, пожалуй, с опытов Гийома Леблона в середине XVIII века. Леблон родился в 1704 г. в Париже и умер в 1781 г. в Версале. Значительную часть своей долгой жизни он посвятил теории военного дела. Книги его давно канули в Лету, но одна небольшая, даже не подписанная им статья в «Энциклопедии» сохранила его имя для потомков. В ней Леблон сообщает об испытании порохов различного состава. Ему удалось получить метательную взрывчатку, дающую мало дыма, не содержащую серы и намного превосходящую по мощности обычный порох. Открытие Леблона, сделанное в 1756 г., на целый век опередило потребности эпохи: бездымными порохами заинтересовались только столетие спустя. Следующими важными вехами в истории бездымного пороха являются открытия коллоксилина, нитроглицерина и пироксилина. Но открыть вещество, способное взрываться, — еще не значит создать взрывчатое вещество. Нужно еще преодолеть труднейшие, а иногда и совсем неразрешимые проблемы. Мы убедились в этом на примере нитроглицерина. От пироксилина Шенбейна до пироксилинового пороха Вьеля нужно было пройти еще долгий нелегкий путь, путь проб и ошибок. Когда Шенбейн предложил ряду стран купить у него секрет производства пироксилина, Пруссия, Бавария и Австрия образовали объединенную комиссию для рассмотрения этого вопроса. Наиболее влиятельным членом комиссии был уже известный Юстус Либих, президент Баварской Академии наук. Он относился к новому взрывчатому веществу

(и, кстати, к его творцу) весьма прохладно. То ли взрывы, дискредитировавшие пироксилин, то ли авторитет знаменитого Либиха побудили комиссию отклонить предложение Шенбейна. Но мнение комиссии не было единогласным. Один из ее членов, барон фон Ленк, представлявший интересы Австрии, оказался горячим приверженцем пироксилина и продолжил переговоры с Шенбейном уже только от имени своей страны. Эти переговоры завершились покупкой патента на взрывчатый хлопок за тридцать тысяч гульденов. Ленк чрезвычайно много сделал для того, чтобы вдохнуть жизнь в казавшийся обреченным пироксилин. Образованный артиллерист, неплохой химик, неутомимый организатор, занимавший к тому же видное положение в армии и при австрийском дворе, он развернул широкие исследования в попытках получить порох из пироксилина. «Приняв дела» от Шенбейна, Ленк обнаружил, что с пироксилином предстоит еще непочатый край работы. Прежде всего — и в этом его основная заслуга — Ленк разработал безопасный промышленный метод производства пироксилина: нельзя было допускать, чтобы пироксилиновые заводы взрывались и далее. Затем Ленк сконструировал артиллерийские орудия, специально предназначенные для новой взрывчатки и не разрывавшиеся при выстреле. Однако пороха Ленк все же не выдумал. Пироксилин по-прежнему оставался неоднородным рыхлым продуктом, не слишком пригодным для стрельбы. После катастрофического взрыва пироксилинового склада близ Вены в 1862 г. бесплодность дальнейших попыток получения бездымного пороха стала очевидной. Распоряжением австрийского правительства всякие опыты в этом направлении были прекращены сначала в военных целях, а после нового большого взрыва в 1865 г. — окончательно. Вслед за Шенбейном Ленк мог бы произнести слова из священного писания: «Нам дано трудиться, но не дано видеть плодов трудов наших». Тем не менее, Ленк не отступил. Он сумел заинтересовать своими проектами Наполеона III, получил от него поддержку и продолжал исследования во Франции. Из несчастных случаев и взрывов были извлечены уроки. Оказалось, что при хранении разлагается и взрывается лишь плохо промытый пироксилин. Поэтому в

дальнейшем длительная (иногда многонедельная) промывка стала обязательной стадией производства пироксилина. Повторяем, Ленк не выдумал пороха. Но его роль как одного из создателей новых метательных взрывчаток является общепризнанной. Вера австрийского артиллериста в успех пироксилинового пороха, его неутомимые исследования, разработка им промышленного способа производства пироксилина имели большое реальное значение и были высоко оценены другими учеными, в том числе и создателями русского пороха Менделеевым и Чельцовым.

Широкое практическое применение пироксилину удалось найти не Ленку и не в Австрии. Сделано это было в Англии Фридрихом Абелем. Свои опыты над пироксилином он начал в 1862 году — в тот год, когда Австрия их прекратила. Имя Абеля в ту пору еще не гремело на всю Европу, но уже тогда он был прекрасным химиком и знатоком своего дела. Биография Абеля до невероятности бедна внешними событиями. Он родился и всю свою жизнь проработал в Вульвиче — небольшом городке близ Лондона, слившемся теперь с английской столицей. Вульвич невелик, но он известен всей Англии своими вековыми традициями. Своего рода британская Тула. Еще в 1683 г. здесь появился первый в Англии завод по изготовлению пушечных лафетов, а затем и самих пушек. Естественно поэтому, именно в Вульвиче расположился впоследствии Главный штаб британской артиллерии, а в 1805 г. обосновался Королевский арсенал. Еще раньше там была организована Военная академия. В ней-то и стал с 1852 г. преподавать молодой Абель химию, после того как закончил Политехнический институт и Химический колледж. В Военной академии двадцатипятилетний химик «по долгу службы» заинтересовался взрывчатыми веществами и с тех пор посвятил их изучению всю свою жизнь. Скоро он стал наиболее влиятельным и компетентным специалистом Англии по пороховому делу, консультантом правительства, председателем Комитета по взрывчатым веществам, состоявшего из четырех членов и руководившего всеми британскими исследованиями в этой области. За полвека непрерывного труда (Абель умер в 1902 году) он успел сделать очень многое. Его работы по теории

горения пороха и детонации взрывчатых веществ были известны каждому артиллеристу. Он предложил остроумный метод определения устойчивости взрывчатых веществ («проба Абеля»). До сих пор во всех странах мира применяется метод Абеля для определения температуры вспышки жидких горючих. Заслуги английского ученого были признаны широко и немедленно, и ему не пришлось жаловаться на невнимание современников и утешать себя надеждами на посмертную славу. В 1860 г. — в возрасте всего тридцати трех лет — он был избран в Королевское общество. Вскоре Абель стал также президентом английского Химического общества, президентом Общества химиков-технологов, президентом Института железа и стали, почетным доктором Оксфордского и Кембриджского университетов. Своим «собратом по науке» его назвал сам Менделеев. За выдающиеся заслуги Абель в 1893 г. был удостоен звания баронета и стал именоваться «сэр Фридрих». Друзья, однако, считали, что Фридрих избрал для себя ложный путь и что его истинное призвание — музыка. Действительно, в исполнительском мастерстве Абель превосходил любого профессионала, но, видимо, горящий фитиль у пороховой бочки дарит более сильные ощущения, чем напряженное внимание зрительного зала, а гул мощного взрыва иногда впечатляет больше, чем грозный аккорд Бетховена. Во всяком случае, этот Паганини пороха виртуозно сыграл свою партию в ансамбле выдающихся творцов взрывчатых веществ. Несмотря на отдельные заблуждения, связанные со своекорыстными мотивами и личными антипатиями (как это мы еще увидим на примере Нобеля), Абель оставил заметный след в истории техники.

В 1868 г., когда больной Шенбейн, простудившись при возвращении с курорта, умирал в чужом городе, Абелю уже удалось разработать метод получения прессованного пироксилина, который, в отличие от взрывчатой ваты Шенбейна, стал пригоден для промышленного применения. Остроумный способ Абеля был несложен и безопасен. Он напоминал производство бумаги. Пироксилин размельчался в воде (во влажном виде он совершенно безопасен) до его превращения в однородную кашу, после чего из него формовались листы, бруски и

шашки совсем как при изготовлении картона или папье-маше. Такой пироксилин сохранял еще волокнистое строение и сгорал недостаточно равномерно, что не позволяло использовать его в качестве пороха. Однако для промышленных целей — в качестве дробящего вещества в горном деле — его можно было применять успешно и совершенно безопасно. Достаточно было приобрести голландер (машину, применяемую в бумажном производстве), внести в него кое-какие изменения, и можно было начинать дело. Прессованный пироксилин нашел довольно широкое применение, однако решающий коммерческий успех новой взрывчатки был подорван (подорван в буквальном смысле слова) конкуренцией со стороны только что появившегося динамита. Вот почему с тех пор Абель видел в Нобеле и научного, и промышленного соперника. Несмотря на очевидные достижения в освоении пироксилина, все-таки не Абелю выпала честь создания первого бездымного пороха. Решающий успех пришел к французам, и добились они его не случайно. Исследования пироксилина, перенесенные Ленком во Францию, были продолжены Управлением порохов и селитр с должной основательностью и размахом. Во главе работ по взрывчатым веществам во Франции стоял Марселей Бертло — один из самых могучих умов прошлого века, вооруживший исследователей первой научной теорией взрыва и экспериментальными методами его изучения. Благодаря Бертло Управление порохов обладало лучшими в мире лабораториями и приборами. В испытании взрывчатых веществ с Бертло сотрудничал крупнейший специалист по баллистике и теории взрыва академик Жан-Роз Сарро, возглавлявший Институт порохов и селитр. Задачу непосредственного получения бездымного пороха Бертло и Сарро возложили на молодого, но подающего большие надежды воспитанника Политехнической школы Вьеля. Поль-Мари-Эжен Вьель родился в 1854 г. По окончании Политехнической школы он сразу же выдвинулся в первые ряды исследователей взрывчатых веществ. Двадцати пяти лет он стал заместителем директора Центральной лаборатории порохов и селитр. В течение долгих лет тесного сотрудничества с Бертло он провел множество важнейших исследований в об-

ласти детонации взрывчатых веществ, методики их исследования и испытания, теории горения порохов. Он установил так называемый «закон Вьеля», связывающий скорость горения твердых взрывчатых веществ с давлением. Но главной его заслугой, несомненно, является изобретение бездымного пороха. Для решения кардинальной задачи создания пороха—образования совершенно однородной пироксилиновой массы — Вьель вознамерился применить чрезвычайно простой прием. Он хотел растворить пироксилин в подходящем растворителе, затем, отогнав растворитель, получить уже не волокнистую вату, а однородный плотный материал. План был хорош, но неясно было, как его осуществить. Упрямый «стрелятельный хлопок» упорно не хотел ни в чем растворяться. Лишь после долгих поисков Вьель нашел, что пироксилин не то чтобы растворяется, но по крайней мере набухает (да и то плохо) в смеси спирта и эфира. Еще одна продолжительная вереница бессонных ночей помогла Вьелю установить, что растворять нужно не чистый пироксилин, а смесь его с коллоксилином. Такая смесь, составленная в нужной пропорции, разбухает в спирто-эфирном растворителе, как желатин в воде, с образованием густой студнеобразной полупрозрачной однородной массы. Желатинирование — главное условие получения хорошего плотного однородного пороха. В желатинировании, в подборе растворителей и условий растворения как раз и состоит сущность изобретения Вьеля. Студнеобразную массу можно формовать — продавливать через отверстия разных форм и размеров, подобно тому, как это делают с тестом при изготовлении макарон. Возможность формования крупных зерен — важное достоинство бездымных порохов. Чтобы вытолкнуть тяжелый снаряд из длинного ствола дальнобойного орудия, нужно, чтобы порох горел в стволе достаточно долго. Поэтому зерна артиллерийского пороха делают довольно крупными — до двух сантиметров толщиной. Дымный порох не очень подходит для этой цели. Какие бы большие зерна из него ни делать, они в первый же момент взрыва сминаются в порошок, сгорающий быстрее, чем требуется. Бездымный порох прочен, и из него легко формовать зерна любой толщины и конфигурации. Современный по-

рох уже давно не «порох» — не порошок, а «зерна» — уже давно не зерна, хотя и по-прежнему так называются. Порох формуется в виде чешуек, струн, пластин, лент, макарон, многоканальных трубок, шашек, масса которых составляет иногда десятки килограммов, но по традиции все эти формы называют зернами. После того как формование закончено, необходимо отогнать из пироксилиновых зерен спирт и эфир. Но удалить растворитель из толстостенных зерен пороха не так-то просто, и Вьель не один год ломал голову над решением этой проблемы. Сушка должна идти медленно, чтобы зерна не потеряли форму. Порох провяливают иногда много дней, затем вымачивают в воде, чтобы удалить остатки растворителя, потом снова сушат. Толстые шашки для реактивных снарядов таким способом получить вообще невозможно. В окончательном виде пироксилиновый порох представляет собой упругие буроватые пластинки из рогообразного вещества, очень похожего на целлулоид, от которого он мало отличается и в прочих отношениях.

Вьель пришел к своему открытию в 1884 г. Понадобилось сорок лет упорного труда исследователей многих стран, поиски, находки, потери, успехи и разочарования, а главное — жертвы, жертвы и снова жертвы, чтобы взрывчатая вата стала, наконец, метательным веществом. Пироксилиновый порох давал при горении не триста, а восемьсот литров газа на килограмм и позволял при том же давлении в стволе и при меньшем заряде вдвое увеличить начальную скорость снаряда. Неудивительно, что бездымный порох принес Вьелю известность, обеспеченность, орден Почетного легиона, высокие административные посты и кресло в академии. Однако новое изобретение еще много лет не было принято на вооружение. Основным недостатком пороха Вьеля было присутствие следов растворителя, который никак не удавалось отогнать полностью. Целых шесть лет спустя Менделеев сообщал русскому правительству, что успешные результаты Вьель получил, собственно, только при выделке ружейного пороха — тонких чешуек, из которых легко удалять растворитель. С более же крупнозернистым артиллерийским порохом долго еще продолжались неприятности. Не сразу удалось достичь и стабильности новой метательной взрывчатки. Например,

в 1907 г. из-за неустойчивости пороха взорвался зарядный погреб на французском броненосце «Иена», а в 1911 г. по той же причине погиб броненосец «Либерте». Во время взрыва погибло более двухсот человек.

Французский инженер недолго наслаждался лаврами первооткрывателя. Его строго засекреченный порох проходил еще лабораторные испытания, когда он услышал неприятную весть: всего в нескольких кварталах от Арсенала, в доме на той же Малахов-авеню, где находилась и резиденция Управления порохов, создано новое метательное взрывчатое вещество. У Вьеля тем более были основания для беспокойства, что он прекрасно знал научную и техническую квалификацию своего неожиданного соперника — ведь им был сам Альфред Нобель! Ещё не зная ни свойств, ни состава нового пороха, Вьель начал и тайно, и явно ему противодействовать. Нобель пришел к своему очередному выдающемуся изобретению вполне закономерно. Еще при создании гремучего студня он понял, какие выгоды дает объединение нитроглицерина и нитроклетчатки. Однако трудности, возникавшие при сочетании этих самых мощных взрывчаток, казались непреодолимыми. Во-первых, пироксилин плохо растворим в нитроглицерине и с трудом образует студни; во-вторых, получающаяся взрывчатка обладает дробящим, а не метательным действием; в-третьих, промышленное производство такой смеси чрезвычайно опасно. После десятилетних поисков Нобель сумел найти ключ к решению всех этих проблем. К смеси коллоксилина и нитроглицерина он добавил небольшое количество камфары. Оказалось, что это вещество флегматизирует взрывчатые свойства этой мощной дробящей смеси и превращает ее в спокойно горящий порох, не боящийся к тому же никакой обработки. Тем не менее для безопасности смешение составных частей пороха ведут под водой. Образовавшуюся смесь вальцуют на горячих вальцах, получая однородное коричневое полотно, которое сворачивают в рулоны. Продавливая готовую пороховую массу через отверстия, получают пороховые зерна нужной формы — ленты, трубки, стержни. Из пороха Нобеля не нужно было удалять растворитель — нитроглицерин, потому что он сам является прекрасным взрывчатым веществом и только уси-

ливает метательное действие пороха. Поэтому, в отличие от пороха Вьеля, его не нужно было неделями вялить, из него можно было получать зерна любых размеров и форм. Короче говоря, это был идеальный артиллерийский порох — мощный, бездымный, безопасный. Чтобы подчеркнуть метательное действие нового взрывчатого вещества, Нобель дал ему название «баллистит» (баллистами древние греки называли свои метательные машины). Создание баллистита явилось причиной и началом серьезных неприятностей для Нобеля. Сначала Нобель предложил баллистит французскому Управлению порохов и селитр. Однако усилия этой организации были направлены на доработку пироксилинового пороха Вьеля. Соображения национального престижа, сопротивление финансовых и военных кругов, личное влияние Вьеля, занимавшего важное положение в Управлении порохов, привели к тому, что баллистит был встречен в штыки. Это дало Нобелю повод заметить, что «для всех правительств плохой порох с хорошими знакомствами лучше, чем хороший порох без этого существенного дополнения».

Получив отказ, изобретатель предложил свой патент итальянскому правительству, которое без проволочек начало производство баллистита. В Париже это событие было воспринято крайне болезненно. Италия считалась потенциальным противником Франции, и передача ей столь мощного оружия была признана враждебным актом по отношению к Французской республике. Пресса подняла против Нобеля бешеную травлю, поддержанную его конкурентами и соперниками. Изобретателя обвиняли в военном и промышленном шпионаже, воровстве патентов, оскорблении французских властей. Не больше радости принес баллистит своему создателю и в Англии. Получив предложение Нобеля, правительство ее величества назначило для проверки нового пороха специальную комиссию во главе с Абелем — извечным антагонистом Нобеля. Никогда еще ни одна комиссия не знала столь усердного председателя. Абель проявил завидное рвение, дав себе труд не только убедиться в достоинствах баллистита (что, собственно, только от него и требовалось), но и тщательно изучить технологию его изготовления. Выяснив все подробности у Нобеля и проведя некоторые допол-

нительные исследования, Абель предложил свою разновидность нитроглицеринового пороха — кордит, лишь немного отличающийся от баллистита составом и способом получения. Кордит взял свое название от слова «струна», но не потому, что музыкальному Абелю его новое достижение чем-то напоминало скрипичные аккорды, а потому, что новый порох формовался в виде тонких длинных нитей — струн. Под густым покровом военной тайны начались лихорадочные испытания кордита и его патентование в различных странах. Тем временем комиссия делала Нобелю все новые и новые запросы. Когда, наконец, все дело раскрылось, Английская динамитная компания справедливо усмотрела в действиях Абеля нарушение патентного права и подала на него в суд. Громкое дело продолжалось три года. Стенографические отчеты процесса занимают несколько метров на полках британского суда. Широкие общественные и научные круги поддерживали Нобеля, но влиятельные политиканы, фабриканты и генералы стояли за «свой» порох. В конце концов, рассматривая дело с чисто формальной точки зрения, суд решил его не в пользу Нобеля. Тем не менее в ходе процесса была засвидетельствована решающая роль нобелевского открытия. Один из судей, лорд Кэй, в своей заключительной речи сказал, имея в виду Абеля: «Совершенно ясно, что карлик, которому удастся забраться на плечи гиганта, может видеть дальше, чем сам гигант». Когда одна из английских фирм начала производить кордит, она по своей инициативе уплатила Нобелю крупную сумму, как бы признавая в нем истинного изобретателя этого вида пороха. В наши дни решающая роль Нобеля как творца нитроглицериновых порохов признана безоговорочно. В дальнейшем баллистит производился в Италии, Германии, Австро-Венгрии, Швеции и Норвегии, кордит — в Англии, Японии и некоторых странах Латинской Америки. Франция и США (сказались давние связи порохового дела этих стран, установленные еще Лавуазье) остановились на пироксилиновом порохе Вьеля.

России производство бездымного пороха пришлось организовывать почти самостоятельно, и эта задача была выполнена быстро и своевременно. Кто не знает знаменитую русскую винтовку «образца тысяча восемьсот девяносто первого года

дробь тридцатого» — легендарную трехлинейку, воспетую в стольких солдатских песнях, честно и беспорочно несшую службу в нашей армии в течение шестидесяти лет? Дата ее рождения — 1891 год — не случайна. Новые пороха требовали нового оружия, и переоснащение русской армии началось, разумеется, с винтовок. Трехлинейка была первым огнестрельным оружием, предназначенным специально для бездымного пороха. Ее разработка началась сразу, как только стало известно о появлении во Франции новых порохов. Летом 1988 г. Охтинскому пороховому заводу был дан приказ изготовить для испытаний новой винтовки опытную партию бездымного пороха. Уже в конце этого же года первый русский бездымный порох (типа пироксилинового) был получен. Руководил этими работами капитан З.В. Калачев (родился в 1853 г.). Блестяще закончив сначала военную гимназию, затем артиллерийское училище и, наконец, Артиллерийскую академию, он был направлен на Охтинский завод, где скоро стал начальником «мастерских всех испытаний пороха». Некоторое время получением бездымного пороха на заводе руководили приглашенные из Франции специалисты. Они не проявляли особого рвения, и контракт с ними не был возобновлен. После того как в 1891 г. во главе пироксилинового отдела завода стал Калачев, выработка бездымного пороха была быстро освоена. Хуже обстояло дело с артиллерийским порохом, особенно для морских орудий крупных калибров. Пироксилиновый порох, как мы теперь знаем, в те годы не удавалось еще получить в виде достаточно крупных зерен. В 1890 г. морской министр Чихачев обратился с просьбой о помощи к Дмитрию Ивановичу Менделееву. Создание бездымного пороха было лишь одним из этапов многогранной деятельности Менделеева. Всемирную известность ему принесли разработка теории водных растворов, установление существования абсолютной температуры кипения, вывод общего уравнения состояния газов. Его учебник «Основы химии» («любимое дитя мое, мой образ, мой опыт педагога, мои задушевные научные мысли») воспитал целые поколения химиков, физиков, биологов. Но главным его творением был, разумеется, Периодический закон.

4.2. ЭПОХА ДИАМИТОВ А. НОБЕЛЯ И ЕГО ПРОМЫШЛЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Первым покорителем этих опасных веществ, заставившим служить их людям, стал шведский инженер Альфред Нобель. Спустя много лет Нобель предоставил Собреро пост научного консультанта в одной из своих компаний, который итальянский химик занимал до самой смерти в 1888 г. В 1879 г. на фабрике Нобеля в Авильяно, родном городе Собреро, был установлен его бюст.

Немного можно назвать людей, чье имя так широко известно во всем мире, как имя Альфреда Нобеля, учредителя знаменитых нобелевских премий.

Его изобретательный ум дал миру множество идей: триста пятьдесят пять патентов послужат вехами тому, кто захочет проследить творческий путь этого неутомимого искателя. Открытия и находки Нобеля не остались пылиться на полках архивов. С невероятным упорством и быстротой он многие из них сам воплотил в жизнь. Именем Нобеля названы города и улицы (ранее Нобелевская улица была и в Петербурге), о нем пишут книги и воспоминания, сочиняют романы, пьесы и киносценарии. Сам Нобель не любил говорить и писать о себе. Когда его брат Людвиг, собиравший материалы к истории их семьи, обратился к нему с просьбой написать очерк своей жизни, Нобель ответил ему следующим письмом: «Из-за чрезвычайной занятости я вынужден сейчас откладывать самые срочные дела на недели, иногда даже на месяцы. В этих обстоятельствах мне совершенно невозможно писать биографии, разве только если они не будут представлять собой простое перечисление фактов, которые, на мой взгляд, вполне красноречивы, например: «Альфред Нобель: его жалкое существование следовало бы пресечь при рождении милосердным доктором. Основные добродетели: держит ногти в чистоте и никому не бывает в тягость. Основные недостатки: не имеет семьи, наделен дурным характером и плохим пищеварением. Величайший грех: не поклоняется Маммоне. Важнейшие события в его жизни: никаких». Лишь однажды Нобелю пришлось нарушить свои принципы. Получив от уни-

верситета в Упсале — одного из старейших в мире — степень доктора, он, уступая традиции, вынужден был написать автобиографию, впрочем, несколько своеобразную: «Подписавшийся родился 21 октября 1833 года. Свои знания он приобрел, занимаясь дома и не посещая школу. Он посвятил себя главным образом прикладной химии и открыл взрывчатые вещества динамит, гремучий студень и бездымный порох, известный под названием баллистит. Является членом Королевской Шведской академии наук, Лондонского Королевского общества и Общества гражданских инженеров в Париже. С 1880 г. — кавалер ордена Полярной звезды. Он является офицером Почетного легиона. Единственная публикация — статья на английском языке, за которую присуждена серебряная медаль». Эта «биография» более чем коротка, и каждый пишущий о Нобеле считает возможным дополнить ее по своему. Облик Нобеля действительно сплетен из противоречий. Швед, почти никогда не живший в Швеции; инженер, не учившийся в школе; академик, не публиковавший научных работ; мечтатель с проницательностью и расчетливостью прирожденного дельца; глава мирового концерна, отдавший свое состояние человечеству; владелец пороховых заводов, завещавший средства на премии мира... Все это не так легко объяснить. Нам особенно интересно познакомиться с его жизнью еще и потому, что история всей его семьи и самого Нобеля тесно связана с Россией. Здесь десятки лет прожил его отец. Второй родиной стала Россия и для его братьев, с именем которых связано развитие многих отраслей русской промышленности. В Петербурге прошли детство и молодость Альфреда. Здесь он вырос, получил образование, здесь зародились в нем научные интересы, приведшие затем к крупным изобретениям. Отец Альфреда, Эммануил Нобель, человек, без сомнения, незаурядный, энергичный, получивший по тем временам неплохое техническое образование, испытал в жизни немало успехов и неудач. Эммануил успел поездить по свету, побывав даже в Египте, владел одно время резиновой фабрикой (первой в Швеции), преподавал в Стокгольме начертательную геометрию. Голова его полна разных проектов. Он изобретает, правда без особого успеха, хитроумные механизмы, плавающие мосты, надувные

матрасы и всякую всячину, но с особым интересом занимается взрывчатыми веществами и конструированием различных мин. Дела его идут не блестяще. В довершение всех бед пожар уничтожает дом Нобелей, и Эмануил разоряется окончательно. В это несчастливое время в семье Эмануила появляется четвертый ребенок — Альфред. Слабый, болезненный мальчик страдает удушьем, и родители серьезно опасаются за его судьбу.

В 1837 г. Эмануил, спасаясь от преследований кредиторов, решается покинуть Стокгольм и направляется в Петербург. Оттуда домой идут радужные письма, но родные тем временем бедствуют. Альфред постоянно болеет и почти не встает с постели, а его старшие братья Роберт и Людвиг — будущие нефтяные магнаты и грозные конкуренты Рокфеллера — зарабатывают себе на жизнь тем, что продают на улице спички. В конце концов, Эмануил сумел заинтересовать царское правительство своим новым изобретением — подводной миной. Получив за него крупное вознаграждение, он поправляет свои дела и выписывает из Швеции семью. В 1842 г. он основывает на Петербургской стороне механические мастерские, быстро превратившиеся в большой завод с литейными цехами, кузницами, прессами, паровыми молотами и прокатным станом. Главным источником процветания стали военные заказы. За изготовление морских мин для защиты Кронштадта во время Крымской войны русское правительство наградило Эмануила Золотой медалью. Но на его заводе производились и станки, паровые машины, различное оборудование, в том числе первые в России трубы центрального отопления. Здесь же были отлиты декоративные пушки, которые и сейчас еще стоят близ Литейного моста в Петербурге. Альфред Нобель, из-за болезни лишенный возможности ходить в школу и играть со своими сверстниками, привыкает к одиночеству, которое станет его пожизненным уделом. В нем развивается сдержанность, переходящая в замкнутость — черты характера, которые он сохранил во все годы. Слабое здоровье не мешает ему, однако, с невероятным упорством учиться. С особым увлечением Альфред занимается химией — может быть, потому, что берет уроки у самого Зинина, прославленного ученого, ставшего впоследствии членом Петербургской и многих ино-

странных академий. В шестнадцать лет Альфред — уже вполне сложившийся исследователь. Он сведущий инженер, прекрасный химик, знаток литературы и искусства, одаренный полиглот. Кроме родных для него русского и шведского, он великолепно владеет английским, французским, немецким и итальянским языками. Кажется, он стал крепче физически — настолько, что отец решается отправить его в кругосветное путешествие. Приехав в Париж, Нобель занимается химией в лаборатории Пелуза. Там он знакомится с нитроглицерином и его замечательными свойствами. Это событие в значительной мере определило его жизненный путь: почти все крупнейшие открытия и изобретения Нобеля связаны с нитроглицерином. Несмотря на свой возраст, Нобель не был новичком во взрывном деле. Он уже нюхал порох в буквальном смысле слова, помогая отцу конструировать морские мины. Трудно сказать, почему именно взрывчатые вещества вызвали особенный интерес юноши. Может быть, здесь сказалось влияние отца, или советы Пелуза, или беседы с Зининым. А может быть, именно слабое здоровье особенно остро пробуждало в нем желание испытать счастье борьбы и удовлетворение победой, именно потому его влекло постоянное борение с опасностью, поединок со смертью, требующий мужества, внимательности и хладнокровия. Во всяком случае, в опытах со взрывчатыми веществами Нобелем движет не только стремление к мирским благам. Талант инженера открывал ему для этого менее опасные пути. До конца своих дней, уже будучи богатым предпринимателем, способным нанять первоклассных химиков, Нобель всегда продолжал вести свои опыты сам — или в одиночку, или с помощью одного — единственного ассистента. Вернувшись из-за границы, Альфред вновь устанавливает контакт со своим учителем Николаем Николаевичем Зининым. «Отцу русской химии» не было тогда еще и сорока лет, но его имя получило уже широкую известность. Зинин особо интересуется проблемами «животной химии» и, в частности, нитросоединениями. Открытое им восстановление нитробензола в анилин — знаменитая «реакция Зинина» — принесло ему мировую славу. Нитроглицерин также хорошо известен русскому химику. С началом Крымской войны он проводит серию опытов

в надежде использовать его взрывчатые свойства в военном деле. Нобели и Зинин — соседи по дачам. Летними вечерами профессор проводит в старой кузнице эксперименты с удивительной жидкостью. Однако попытки использовать нитроглицерин в снарядах оказались безуспешными, и в 1854 году опыты были приостановлены. Значение этих исследований Зинина было очень велико. «Пироглицерин» Собреро оставался лишь опасным лабораторным препаратом, его практическое применение казалось невозможным, исследования его не проводились. Зинин первым в мире показал, что взрывчатый «джин в бутылке» не так страшен, как его малюют, что это вещество можно получать, хранить и использовать в больших количествах. Русский ученый установил температуру, при которой воспламеняется эта опасная жидкость, и разработал основные правила безопасного обращения с ней. Очень важно также, что он обратил на нитроглицерин внимание других исследователей и оказывал им в дальнейшем помощь и поддержку. Дальнейшие работы по получению и использованию нитроглицерина в России связаны с именем Василия Фомича Петрушевского — прекрасно образованного военного инженера и химика, проводившего опытные взрывы вместе с Зининым. Артиллерийский поручик, помогавший знаменитому академику, несмотря на свою молодость (ему не было тогда еще и двадцати пяти лет), проявил себя вдумчивым и бесстрашным исследователем. Он был горячим сторонником и пропагандистом нового взрывчатого вещества, и к тому были все основания: ведь именно Петрушевский установил, что «огненный глицерин» в некоторых случаях в двадцать четыре раза сильнее дымного пороха. В августе 1863 г. под руководством полковника Петрушевского в течение пяти недель было изготовлено около трех тонн нитроглицерина «способом, приближающимся к фабричному». Этот нитроглицерин предназначался «для взрыва земляных мин на практическом ученье», но большие количества взрывчатого вещества позволили провести и другие опыты, которые осуществлялись в Кронштадте в течение нескольких лет. В этих экспериментах принимали участие известный взрывник М.М. Боресков и академик В.С. Якоби, разработавший методы электрического взрывания. Эти опыты

сыграли большую роль в истории взрывного дела. Нет никаких сомнений в том, что Зинину, Петрушевскому, Якоби, Бореskову и их сотрудникам принадлежит пальма первенства в практическом использовании нитроглицерина как взрывчатого вещества.

После тяжелого несчастного случая в Петергофе 17 июля 1866 г., когда взорвалось 20 т нитроглицерина, дальнейшие опыты с ним приказано было прекратить. Петрушевский установил, что одной из причин взрывов нитроглицерина является его разложение с образованием кислых неустойчивых соединений, и предположил, что смешение нитроглицерина с веществом, нейтрализующим кислоты, сделает эту страшную взрывчатку менее опасной. Так в 1868 г. появилось новое взрывчатое вещество — смесь нитроглицерина с магнезией, ставшая известной как «русский динамит». В 1867 г. сотрудник Петрушевского капитан Николай Петрович Черниловский-Сокол провел опыты по использованию нитроглицерина вместо пороха при разработке золотых приисков в Забайкалье. Везти взрывчатку в такую даль из столицы было, разумеется, невозможно, и военный инженер создал нитроглицерин на самом прииске. Заслуги В.Ф. Петрушевского были высоко оценены правительством и научной общественностью. За практическое применение нитроглицерина он был награжден пожизненной пенсией, в размере тысячи рублей в год. Автор ряда работ по взрывчатым веществам и артиллерийской технике, профессор химии, генерал, начальник Петербургского патронного завода, член Артиллерийского комитета, Петрушевский до конца жизни пользовался большим авторитетом. Умер он в 1891 г. Выдающуюся роль Петрушевского в исследовании и практическом применении нитроглицерина подчеркивали Д.И. Менделеев и М.М. Бореskов. Широкие опыты с нитроглицерином проводил в России и другой ученик Зинина — Альфред Нобель. К тому времени в жизни его семьи и в его собственной судьбе происходят серьезные перемены. Крымская война заканчивается тяжелым поражением, и огромное предприятие Эмануила, жившее военными заказами, терпит полное банкротство. Эмануил Нобель снова разорен. В 1859 г., после двадцати двух лет, проведенных в России, он возвратился в Швецию. Альфред остался в Петербурге.

Ведь это уже потом, годы спустя, он стал называться «шведским инженером», а тогда Альфред был русским исследователем и не знал другой родины, кроме России. Теперь в исследованиях нитроглицерина им руководил уже не только научный интерес, но и желание материально обеспечить себя и своих близких. Кронштадтские взрывы в 1862–1867 гг. проводились в обстановке строгой военной тайны и были рассекречены только в 1881 г. Нобель, разумеется, знал, что ведутся опыты с «жидким порохом», но подробности ему не могли быть известны. К тому же многие важные задачи еще не были решены. Промышленного производства нитроглицерина еще не существовало, опыта его применения в горном деле не было, многие его свойства оставались неизвестными. Неожиданные взрывы уносили множество жизней, и вместе с тем — сколь ни странно это звучит — далеко не всегда удавалось надежно и своевременно взорвать эту капризную жидкость. При поджигании нитроглицерин горел, да и то не очень активно, но не взрывался. В кронштадтских опытах успешная детонация нитроглицерина вызывалась только в том случае, если он был помещен в герметичные металлические гильзы или если для возбуждения взрыва использовалось большое количество пороха (иногда трехкратное по отношению к нитроглицерину).

Сначала Нобель вообще не верил, что управляемый взрыв нитроглицерина возможен, и проводил исследования, не зная, что Борисков уже успешно взрывал крупные заряды «жидкого пороха». В своих поисках Альфред встретил поддержку петербургских научных и военных кругов. Для проведения опытов он получил от Инженерного ведомства почти две тысячи рублей и сверх того бесплатно три пуда пушечного пороха. В 1863 г. он делает первое свое крупное изобретение, сконструировав детонатор с гремучей ртутью, применяемый и в настоящее время. Маленькая капсула позволила уверенно взрывать нитроглицериновые заряды любой мощности, причем не в герметичных трубках, а «на свободном воздухе». Современники считали это изобретение «крупнейшим успехом в науке о взрывчатых веществах со времен открытия пороха». Один из биографов Нобеля писал впоследствии, что «изобретение детонаторов как с научной точки зрения, так и с точки зрения технической важности

следует считать более значительным, чем изобретение динамита». Реализовать свои изобретения в промышленно отсталой России того времени с ее полуфеодальным укладом Альфреду были трудно. За первые семьдесят лет со времени введения в России патентного права (в 1814 г.) в области взрывчатых веществ было выдано только семь «привилегий», что свидетельствует о невозможности для изобретателей развивать эту отрасль промышленности в России и, следовательно, об их незаинтересованности в патентах и охране своих авторских прав. Кроме того, производство взрывчатых веществ частным лицам в те годы было в России запрещено. Естественно, что при этих обстоятельствах предпринимательская деятельность Нобеля должна была развернуться за пределами его второй родины. К тому же его усиленно звал в Швецию отец, построивший еще в 1862 г. в пригороде Стокгольма Геленборге небольшое предприятие по получению нитроглицерина и нуждавшийся в помощи сына. В 1863 г. Альфред отправился в Стокгольм. То, что он увидел в Геленборге, мало походило на настоящую фабрику и напоминало скорее скромную кондитерскую, где варили сладкий нитроглицериновый сироп. В этой мастерской было занято всего семь человек, считая Эмануила и двух его сыновей. Альфред немедленно принялся за разработку способов промышленного производства нитроглицерина. Нужно сказать, что само по себе получение нитроглицерина — операция очень несложная. Виднейший русский специалист прошлого века в области взрывчатых веществ И.М. Чельцов писал по этому поводу: «Вообще же фабрикация нитроглицерина совершается так просто, что его легко можно приготовлять на месте потребления. Например, Петрушевский в 1863 г. при помощи саперных офицеров и нижних чинов приготовил 100 пудов нитроглицерина под простым навесом на открытом воздухе; необходимая посуда состояла из деревянных чанов, стеклянных банок, ведер и т. п.»

Однако то, что является простым в принципе, совсем нелегко воплотить в промышленном масштабе. Прежде всего нужно было решить серьезнейшие технические проблемы по обеспечению безопасности крупного заводского производства. После долгих исследований Нобель изобрел инжектор для

безопасного непрерывного смешения глицерина с кислотой. Этот принцип использовался в промышленности десятки лет. Нужно было также организовать рекламу непривычной жидкой взрывчатке, обучить приемам обращения с ней, привлечь квалифицированных инженеров для проектирования и строительства заводов, найти необходимый капитал. Нобель в конце концов добился успеха.

Так усилиями русской химической школы во главе с Зининым на мировой сцене впервые за восемьсот лет господства дымного пороха появилось новое взрывчатое вещество.

В 1863 г. Нобель взял в Швеции патент на применение нитроглицерина в технике. Не отрицая важной роли Нобеля в организации промышленного производства новой взрывчатки, следует, однако, ясно указать, что предоставление ему патента на разрывное масло было совершенно неправомерным. Не он первым получил нитроглицерин, не он обнаружил его взрывчатые свойства, не он один искал способы его применения. Мастерская Нобелей в Геленборге работала около двух лет, но 3 сентября 1864 г. она взлетела в воздух. Это был не первый и не последний взрыв в жизни Нобеля, но ни один из них не принес ему столько горя. Среди погибших был брат Альфреда, двадцатилетний юноша блестящих способностей. Существует легенда, согласно которой Нобель, потрясенный смертью брата, дал клятву завещать все деньги, которые даст ему производство динамита, на международные премии. Эта версия не подтверждается ни одним документом. Да и сомнительно, чтобы дотла разоренный Альфред, сам чудом оставшийся в живых, мог думать о том, как использовать прибыль от продажи динамита, который еще не был изобретен.

Эмануил не выдержал обрушившихся на семью несчастий. Его поразил удар, до конца жизни приковавший его к постели. Альфред, потерявший брата, лишившийся поддержки отца, остался в полном одиночестве. Доверие к нитроглицерину было подорвано. В этих драматических обстоятельствах Нобель два месяца спустя организовал «Нитроглицериновую компанию». На первых порах персонал фирмы состоял из одного человека, который был одновременно управляющим, главным инженером,

казначеем, делопроизводителем и коммивояжером. Нетрудно догадаться, что этим человеком был сам Нобель. Компания просуществовала пятьдесят лет, став впоследствии одним из крупнейших концернов Европы. В начале 1865 г. в Швеции строится новый нитроглицериновый завод в Винтервекепе. Это уже первое настоящее крупное промышленное предприятие. Альфред учел печальный опыт прошлого и внес в технологию производства грозного взрывного масла значительные изменения. В июне 1865 г. изобретатель переезжает в Гамбург, рядом с которым, в Крюммеле, строится еще один крупный завод. В сентябре Нобель устраивает для специалистов рекламный показ взрывного масла, делая особый упор на его безопасность при правильном с ним обращении. Нобель хладнокровно держит бутылки с нитроглицерином в кипящей воде, разбивает их о каменный помост, поджигает лучиной — взрывчатка ведет себя спокойно. Репутация ее восстановлена, но ненадолго. Уже через два месяца, в ноябре 1865 г., происходят взрывы на двух рудниках в Швеции, затем взлетает в воздух завод самого Нобеля в Крюммеле, через несколько дней взрыв нитроглицеринового завода потряс США, а вскоре начали гибнуть и корабли, перевозившие нитроглицерин. Все эти несчастные случаи обросли лавиной самых невероятных слухов. Началась паника. Многие страны приняли законы, запрещавшие производство и перевозку нитроглицерина и содержащих его веществ на своих территориях. Поистине, Вениамину Франклину легче было покорить молнию, чем Альфреду Нобелю — нитроглицерин! Уединившись в лаборатории, изобретатель искал выход из тупика. Прежде всего он еще раз шаг за шагом тщательно проследил все стадии производства нитроглицерина и разработал свод правил, гарантирующих безопасность его получения. С тех пор на заводах Нобеля больше не было взрывов. Далее он предложил перевозить не сам нитроглицерин, а раствор его в метиловом спирте. Транспорт, действительно, стал безопасным, но перед использованием взрывчатки спирт приходилось отгонять, что было и опасно, и хлопотно. Нобель видел и другой существенный недостаток нитроглицерина — неудобство и непривычность жидкой взрывчатки. Поэтому он решил применять нитроглицерин в смеси с твердыми —

сыпучими или пористыми — веществами. Сама по себе эта идея была не нова. Еще во времена Крымской войны Петрушевский пробовал смешивать нитроглицерин с дымным порохом, но смесь оказалась не слишком удачной. Нобель не ограничился порохом и испытал десятки других веществ. Он пропитывал нитроглицерином бумагу, смешивал его с опилками, ватой, углем, гипсом, кирпичной пылью. К концу 1865 г. Нобель нашел, что искал. Идеальным материалом для смешения с нитроглицерином оказался кизельгур — рыхлая светло-коричневая порода, настолько мягкая, что даже пальцами она разминается в порошок. Кизельгур (он имеет и другие названия — диатомит, инфузорная земля, горная мука) образуется при осаждении на дно водоемов кремниевых скорлупок-останков крошечных водорослей. Инфузорную землю можно найти почти в каждом озере. Девяносто процентов ее объема приходится на поры, способные впитывать нитроглицерин. Нобель сразу понял выгоды этого материала — легкого, пористого, инертного, дешевого, доступного. Весь 1866 год изобретатель совершенствовал и испытывал новую взрывчатку, а в следующем году представил ее на суд общественности на рекламных демонстрациях в Гамбурге и других городах Европы. Специалисты не могли поверить своим глазам: нитроглицерин, попадая в поры инфузорной земли, приобретал новые свойства. Вещество было похоже на свежий торф и вело себя так же безобидно. Его можно было безо всякого страха швырять, встряхивать, поджигать, хотя по мощности взрыва оно лишь немногим уступало нитроглицерину и в пять раз превосходило добрый старый порох! Недаром Нобель дал ему название «динамит» — от греческого «сила». 7 мая 1867 г. динамит, или взрывчатый порошок Нобеля, был запатентован в Англии, а затем в Швеции, России, Германии и других странах.

По традиционной легенде, получившей хождение еще при жизни изобретателя, Нобель пришел к мысли о динамите совершенно случайно, заметив, как нитроглицерин, вытекший из разбитой бутыли, пропитал мягкую кизельгуровую упаковку. Сам Нобель, которого всегда возмущали подобные домыслы, высказался по этому поводу вполне определенно: «Я безусловно никогда не замечал ни одной случайной утечки нитроглицерина

в кизельгуровую упаковку в таком количестве, чтобы образовать пластичный или хотя бы влажный материал, и идея такой случайности изобретена, должно быть, теми, кто принимает предположения за действительность. Что в самом деле привлекло мое внимание к использованию инфузорной земли для динамита, так это ее чрезмерная легкость в сухом виде, что свидетельствует, разумеется, о ее большой пористости. Следовательно, динамит появился не в результате случайности, а потому, что я с самого начала видел недостатки жидкой взрывчатки и искал способы им противодействовать». Так Альфред сделал самое известное свое изобретение. Весть о нем, как эхо от взрыва, облетела все континенты. Само сознание, что в новой взрывчатке содержится нитроглицерин, внушало сначала опасения. Но благодаря настойчивости Нобеля лед недоверия был сломлен. Сметая все преграды на своем пути, динамит начал победное шествие по всему миру. Несмотря на то, что в некоторых странах он как «содержащее нитроглицерин вещество» попадал под действие принятых ранее ограничений и перевозка его по железным дорогам и на судах была запрещена, ничто не могло остановить его распространения. Ящики с надписями «Осторожно стекло» или «Не бросать, фарфор!» в подозрительно больших количествах отправлялись на рудники и строительные площадки. И каждый, кто хоть однажды пользовался динамитом, посылал новые, еще более крупные заказы. К тридцатичетырехлетнему Нобелю пришла слава, пришло богатство. В 1868 г. Шведская академия наук наградила Альфреда и его отца Золотой медалью «За заслуги в использовании нитроглицерина как взрывчатого вещества». Так старый Эмануил все же узнал в последние годы своей жизни достаток и почести. Скончался он 3 сентября 1872 г., ровно через восемь лет после геленборгского взрыва.

Динамит — дробящая, а не метательная взрывчатка, и он не мог заменить порох в военном деле. Но там, где надо было созидать, а не убивать, он не знал себе равных. Горное, строительное, дорожное дело смогли, наконец, принять вызов, брошенный им технической революцией. Железные дороги семимильными шагами двигались по континентам, туннели делали проезжими непроходимые прежде горные перевалы, реки из-

меняли свои русла, каналы соединили между собой моря. Динамит стал могучим союзником пара в преобразовании планеты. Еще при жизни Нобеля его изобретение позволило предпринять и завершить крупнейшие стройки века. К их числу относится и знаменитый Сен-Готардский перевал, триста двадцать четыре моста и восемьдесят туннелей которого (в том числе и легендарный пятнадцатикилометровый «Большой тоннель», проложенный сквозь сплошной гранитный массив) не могли бы быть сооружены без динамита. Несмотря на высокую надежность динамита, количество происшедших из-за него несчастных случаев — главным образом, по небрежности — было сначала довольно велико. Так, в испанском порту Сантандере возник однажды пожар на судне, в трюме которого находилось несколько сот ящиков динамита. Взрывчатку начали спешно выгружать на берег. Тем временем пожар разгорался, а на набережной собралась огромная толпа горожан, сбежавшихся поглазеть на редкое зрелище. Портовые власти по ошибке объявили, что опасный груз полностью снят с парохода. Однако через два часа после начала пожара произошел сильнейший взрыв. Половина корабля взлетела в воздух, пятьсот человек было убито, более тысячи ранено.

В 1867 г., когда Нобель взял патент на свой взрывчатый состав, его фабрика произвела всего одиннадцать тонн динамита, и в первые годы усилия Альфреда были направлены на рекламу своего изобретения. Однако вскоре основной заботой изобретателя становится не пропаганда нового взрывчатого вещества, а защита его от конкурентов. За семь лет производство динамита на заводах Нобеля выросло в триста раз. Очень быстро Нобель превращается из мелкого коммерсанта в могущественного промышленника. За семь лет в Германии, Швеции, США, Норвегии, Финляндии, Италии, Испании, Португалии и других странах им было построено семнадцать заводов, из них девять выросли только за два года. Скоро на предприятиях Нобеля производилось больше взрывчатых веществ, чем на государственных пороховых заводах всех стран мира, вместе взятых. Несмотря на очевидные достоинства динамита, организация его производства встречала порой серьезные препятствия. Примером тому служат

попытки Нобеля построить динамитные заводы во Франции. Производство взрывчатых веществ во Франции было государственной монополией и находилось в руках Управления порохов и селитр. Поэтому французские власти не торопились с разрешением на строительство динамитных заводов. Однако вскоре они вынуждены были в этом раскаяться. Война с Пруссией привела доводы в пользу динамита более убедительные, чем мог найти Нобель. Немецкие саперы с легкостью взрывали крепости и мосты. Суровый урок, преподанный немцами, заставил отбросить побочные соображения, и Леон Гамбетта, новый военный министр, распорядился немедленно начать производство взрывчатого вещества. Первые тонны французского динамита были получены весной 1871 г. при содействии Марселена Бертло, но уже через несколько месяцев страхи войны были забыты, и на динамит снова был наложен запрет, действовавший до 1875 г.

Не слишком благосклонно было встречено новое взрывчатое вещество и в Англии. Не без содействия производителей пороха, и в их числе профессора Абеля, ставшего постоянным противником и конкурентом Нобеля, английский парламент в 1869 г. запретил «производство, импорт, продажу и транспорт нитроглицерина и любого другого вещества, содержащего нитроглицерин, в пределах Великобритании». Этот закон был отменен лишь в 1893 г. Однако Англия, ведущая промышленная держава мира, добывавшая огромное количество угля, нуждалась в динамите больше, чем какая-либо другая страна, и все запреты оказались бессильными перед объективной необходимостью. В законе удалось найти лазейку, пользуясь тем, что по древним традициям в Шотландии не действует английская юрисдикция. Нобель организовал в 1871 г. в Глазго Британскую динамитную компанию, построившую колоссальный завод, удовлетворявший десять процентов мировой потребности во взрывчатых веществах. Большая часть продукции завода потреблялась в самой Англии. Поскольку запреты на перевозку динамита по железной дороге обойти не удалось, его доставляли во все концы этой сравнительно небольшой страны на гужевом транспорте.

Эти беспокойные годы, как, впрочем, и всю свою жизнь, «самый богатый бродяга Европы» проводит на колесах. У него нет семьи, нет корней, ничто не привязывает его к одному месту. Поэтому не только коммерческие дела толкают Нобеля к странствиям. В конце концов он мог бы поручить свои заграничные операции доверенным лицам. Но какая страна — «заграница» для этого космополита? Швеция — место его рождения; в России живут его братья и многочисленные друзья, в русские предприятия им вложены значительные средства; в Германии — его крупнейшая фирма и технический центр; в Париже — его дом и лаборатория: в Шотландии — его летняя усадьба: в Швейцарии — его вилла и во всех странах мира — его предприятия. Одинаково свободно он говорит на любом языке и, кажется, ни одной стране не отдает предпочтения. «Моя родина там, где я работаю, а работаю я повсюду».

Ко второй половине семидесятых годов сеть нобелевских предприятий разрослась настолько, что они стали конкурировать не только с другими фирмами, но и между собой. Перед их владельцем стала сложная задача — навести порядок в собственном доме. Динамитный король принялся за объединение своих владений в единую державу. В 1886 году эти усилия завершились созданием двух гигантских международных трестов — Англо-Германского и Латинского. Первому из них, насчитывавшему 47 предприятий, принадлежали, помимо немецких и британских фирм, фабрики в Мексике, Бразилии и Чили, а впоследствии и в Австралии. Латинский трест объединял 28 заводов во Франции, Италии, Швейцарии, Испании, Алжире, Тунисе и других местах. В год смерти Нобеля в различных странах мира действовало 93 его предприятия, производивших не только динамит, но и сопутствующие материалы: азотную кислоту, глицерин, удобрения, медные сплавы, проволоку, кабель, нитроглицерин, нитроцеллюлозу и все виды взрывчатых веществ и детонаторов. Кроме предприятий Нобеля, десятки заводов получали взрывчатые вещества по его патентам.

Не лишена интереса дальнейшая судьба основанных Нобелем предприятий. В годы первой мировой войны Англо-Германский трест, естественно, распался. По иронии судьбы, а

точнее — по законам капиталистического мира, предприятия, принадлежавшие в свое время Нобелю, работали с полным напряжением, чтобы уничтожать нобелевские предприятия по другую сторону фронта. Конец войны не вернул динамитному колоссу единства. Двуглавая гидра, рассеченная надвое, превратилась в могучих драконов, готовых пожрать друг друга. Между тем закон концентрации капитала продолжал действовать с прежней неумолимостью. В двадцатые годы Английский динамитный трест объединился с двумя другими крупными компаниями, образовав могущественную корпорацию «Империэл кемикл индастриз», существующую поныне и являющуюся одной из десяти крупнейших монополий мира. В ее Нобелевском отделении работает десять тысяч человек, в том числе восемьсот научных сотрудников. Германский Нобелевский трест стал составной частью всемирно известного «ИГ-Фарбениндустри». Большинство предприятий бывшего Латинского треста составили фирму «Сосьете Нобель-Базель», взявшую под контроль восемнадцать предприятий во Франции, Алжире и Тунисе. В 1865—1873 годах главный штаб Нобеля находился в Гамбурге, но после того как деятельность Альфреда приобрела международный размах, он перенес свою ставку в Париж. Даже в зените славы ничто в облике и поведении Нобеля не выделяло его среди прочих смертных. К своим многочисленным орденам, почетным титулам и отличиям он относился с юмором: «Мои награды мне дали не за взрывчатые вещества. Шведский орден Полярной звезды я заслужил благодаря своему повару, чье искусство угодило одной высокопоставленной особе. Французский орден я получил благодаря близкому знакомству с министром, бразильский орден Розы — потому что меня случайно представили бразильскому императору. Что же касается знаменитого ордена Боливара, то я удостоился его потому, что мой друг хотел показать, как добываются там ордена». Лишь оспаривание его изобретательских прав всегда задевало самолюбие Нобеля, и он не упускал случая поиздеваться над тугодумами из патентных бюро, отказывавшихся иногда признать справедливость его требований: «Если бы они существовали во времена Уатта, он бы никогда не получил патента на свое изобретение. Они бы сказали ему, что вода известна,

пар известен, его конденсация известна, и, следовательно, было бы абсурдно называть паровую машину изобретением».

Нобель был блестящим и остроумным собеседником, но всю жизнь предпочитал уединение. Он не имел даже личного секретаря и писал, копировал и регистрировал все письма собственноручно — немалая работа, если учесть его занятость. Он применял своеобразную классификацию личных писем: «От мужчин», «От женщин» и «письма с просьбами». Последняя связка была значительно толще других. При жизни Нобеля не было сделано ни одного его портрета. Каждый раз, когда он бывал в Петербурге, Людвиг просил брата позировать их общему другу, знаменитому художнику Владимиру Егоровичу Маковскому, но Альфред неизменно отказывался. Зато во всей полноте предстает перед нами его многогранный внутренний облик. Оставшиеся после него тысячи писем, всегда с безупречным литературным изяществом написанные на языке адресата, создают яркий образ неутомимого труженика, разностороннего ученого, образованного мыслителя, энергичного организатора, проницательного ироничного человека, понимающего людские недостатки и умеющего относиться к ним снисходительно. Многие их строчки пронизаны пессимизмом, вызванным постоянным одиночеством: «Последние десять дней я болел и должен был оставаться дома в обществе только лакея. Никто даже не справлялся обо мне. Кажется, мне теперь гораздо хуже, чем полагает врач, так как постоянная боль упорно не оставляет меня. К тому же мое сердце тяжело, как свинец. Когда в возрасте пятидесяти четырех лет тебя оставляют таким одиноким на свете и только наемный слуга добр к тебе, тогда приходят тяжелые мысли — тяжелее, чем большинство людей могут себе представить...»

Лишь книги всегда оставались любимыми друзьями Нобеля. Очень часто цитирует их в письмах Шелли, Байрона, Ибсена, Гюго (с которым он был хорошо знаком лично). Из русских писателей он больше всего любил Тургенева. Гостям парижского особняка Нобеля бросались в глаза только парадные апартаменты, оранжереи для орхидей и конюшни для породистых лошадей. Но, подобно замку Синей Бороды, этот дом имел заветные покои, о существовании которых посторонние даже не имели

представления. Лишь посвященные знали, что здесь, в маленькой, но хорошо оборудованной домашней лаборатории неутомимо работают два химика — сам Нобель и его ассистент Ференбах, опытный и добросовестный исследователь, сотрудничавший со своим патроном восемнадцать лет. В первые годы работы в Париже изобретатель пытается найти замену динамиту. Сколь это ни кажется странным, динамит удовлетворяет всех, кроме его творца. Нобелю не нравится, что динамит, хоть и много мощнее пороха, все же несколько слабее нитроглицерина. Кизельгур, впитывая в себя жидкую взрывчатку, отнимает у нее часть ее богатырской силы. Динамит неудобен в применении под водой, портится при долгом хранении, теряя нитроглицерин, особенно при сжатии. Недостатки взрывного масла — жидкого текучего продукта — и тут давали себя знать. Ученый хорошо понимал, каким шагом вперед было бы получение вместо жидкой взрывчатки хотя бы студнеобразной. В поисках нового взрывчатого вещества Нобель обращается к почти забытому пироксилину. За четверть века, прошедших со времени получения его Шенбейном, ничего не изменилось. Взрывчатая вата по-прежнему остается непригодным для пороходелия веществом. Когда-то, создавая динамит, Нобель попытался пропитать ее нитроглицерином и даже взял на это патент. Но смесь нитроклетчатки с нитроглицерином оказалась непрочной, их союз — недолговечным: вата плохо удерживала масло и взрывоопасность их еще больше увеличивалась. В Париже экспериментатор вернулся к своей заманчивой идее объединить самые мощные взрывчатки. На этот раз он добавляет не масло к пироксилину, а пироксилин к маслу в тщетной надежде получить густой коллоидный раствор. Однажды во время очередного неудачного опыта Нобель порезал палец и заклеил его коллодием. Ночью боль не давала ему спать, и он снова — уже в который раз — принялся обдумывать причины своих неудач. И тут ему пришла мысль использовать вместо пироксилина коллодий — тот самый, которым он заклеил рану. Коллодий в химическом отношении очень близок к пироксилину. Однако в отличие от взрывчатой ваты коллоксилин легко растворяется во многих органических растворителях, образуя густые клейкие массы. Нобель

предположил, что коллодий должен хорошо совместиться и с нитроглицерином. Как только ему пришла в голову эта идея, он сразу же бросился в лабораторию. К утру уже все было готово. Когда Ференбах пришел на работу, он увидел своего шефа, склонившегося над стеклянной пластиной, на которой лежал комок студнеобразного прозрачного желтоватого вещества, похожего на плотное персиковое желе. Ференбах отрезал ножом кусочек студня и сделал первый пробный взрыв. Так была создана новая удивительная взрывчатка — гремучий студень. Это произошло в 1875 г. Гремучий студень сразу получил широкое распространение. Благодаря ему строительство Большого Сен-Готардского туннеля было закончено на три года раньше срока. Гремучий студень не боится воды и оказался незаменимым при взрывах под водой и в обводненных скважинах и пластах. Динамиты тоже стали приготовлять на основе желатинированного, загущенного нитроглицерина, и благодаря этому они приобрели большую устойчивость и безопасность. Такие динамиты, так же как и гремучий студень, применяются и в наши дни. В 1887 г. Нобель наносит последний удар дымному пороху: после длительных исследований в его лаборатории рождается новое метательное взрывчатое вещество — долгожданный бездымный порох, мощный, надежный, безопасный. Однако единственное крупное изобретение военного характера не принесло его творцу удачи. В Париже по причинам, о которых будет сказано дальше, не захотели признать баллистит (так был назван новый порох) и обвинили Нобеля во враждебной деятельности против Франции, а в Англии началось долгое и неприятное разбирательство о патентных правах и приоритете. Эта тяжба больно ранила самолюбие Нобеля. Между тем изобретателя ждали новые удары. В 1888 г. в Каире умер его брат Людвиг. Мировая печать часто путала двух могущественных магнатов, и многие газеты поспешили посвятить Альфреду прочувствованные некрологи, которые он прочел со смешанным чувством горечи и любопытства. В следующем году Нобель потерял последнего близкого человека — свою мать, к которой он был горячо привязан. В полном одиночестве он встретил новую грозу, которая обрушилась на него через несколько месяцев: директора его

французской компании, увлекшись незаконными биржевыми операциями, привели ее к финансовому краху.

Весть об этом застала Нобеля в Гамбурге. Сначала он считал себя полностью разоренным и собирался даже просить место химика на одном из своих немецких заводов. Но убытки оказались не столь значительными. Нобель распутал дело со свойственной ему энергией и решительностью. Потери были восполнены займами. Все члены правления компании были смещены. Алчные директора, которым Нобель ранее безусловно доверял и чья продажность огорчила его больше, чем потеря нескольких миллионов, были заменены. Тем временем во Франции не прекращалась травля Нобеля, которому не могли простить баллистит. Его домашняя лаборатория и частные полигоны для испытания оружия были закрыты, а их имущество конфисковано под предлогом, что проводившиеся там работы «угрожали безопасности Франции». В борьбу против Нобеля включились и смещенные им директора, среди которых были влиятельные сенаторы. В этих условиях Нобель не мог больше оставаться в Париже. Уже немолодой, тяжело больной, одинокий, обманутый теми, кому он доверял, измученный тяжбами, досаждаемый клеветниками, он решил оставить дела и покинуть город, бывший ему родным домом восемнадцать лет. В 1891 г. он переселился в Италию. Здесь, в курортном городке Сан-Ремо на берегу Средиземного моря, он купил красивое имение, окруженное большим парком. Оно называлось первоначально «Мое гнездо», но когда один из знакомых Нобеля шутливо заметил, что в гнезде должны жить две птицы, а не одна, хозяин изменил название на «Вилла Нобель». Покидая Париж, Нобель принял еще одно важное для себя решение: «Я сыт по горло торговлей взрывчаткой, где вечно приходится иметь дело с несчастными случаями, ограничениями, канцелярской волокитой, педантами, бравированием и подобной чепухой. Я мечтаю о покое и хочу посвятить себя научным исследованиям, что невозможно, когда каждый день приносит новые тревоги... Я хочу абсолютно удалиться от дел. Для меня пытка выступать примирителем в гнезде стервятников. Нет никакой причины для того, чтобы я, никогда не учившийся коммерции и ненавидящий ее всем сердцем, занимался этими делами, в которых я разбираюсь немного больше, чем человек с Луны».

Перед переездом в Сан-Ремо Нобель вышел из правлений всех компаний, в которых он состоял. Из Парижа уехал промышленный магнат, в Сан-Ремо прибыл любознательный ученый. В тени апельсиновой рощи, среди цветов, которые Нобель так любил и которыми окружал себя всю жизнь, он снова строит себе лабораторию — уже третью по счету. В ней развертываются широкие исследования. Интересы его не ограничиваются взрывчатыми веществами. Он разрабатывает новые виды артиллерийского оружия; ищет и находит новые растворители для нитроклетчатки; по примеру знаменитого французского химика Анри Муассана (впоследствии нобелевского лауреата) пытается получить искусственные драгоценные камни; работает над улучшением телефона, фонографа, ламп накаливания; изыскивает новые виды легких сплавов; изобретает и конструирует летательные аппараты, в том числе крупную ракету («воздушную торпеду»), пролетевшую четыре километра; пробует — и не без успеха — получить искусственное волокно; предлагает идею аэрофотосъемки; исследует электрохимические методы производства соды и поташа; разрабатывает теорию горения пороха. Последнее важное изобретение Нобеля датировано годом его смерти. Это так называемый «прогрессивно горящий порох», чрезвычайно нужный в артиллерийском деле. Производство его немедленно начали многие заводы еще при жизни изобретателя. Бури, бушевавшие над его головой в последние годы, утихли. Страсти, кипевшие вокруг биржевого скандала, улеглись; дело о бездымном порохе было забыто; тяжба в Англии закончена; заводы Нобеля процветали и приносили ему все большие доходы.

Тяготы администрирования больше не беспокоили его. Казалось, ничто теперь не может ему помешать посвятить свои дни плодотворным научным изысканиям, счастливому безмятежному отдыху. Но этих дней у Нобеля оставалось очень немного. Здоровье его резко ухудшалось. Когда больному становилось особенно плохо, врачи предписывали ему внутрь... нитроглицерин. Однако старый знакомый Нобеля, с которым он работал сорок лет и который принес ему известность и богатство, не мог вернуть ему здоровья. Для облегчения сердечного приступа нужна всего одна капля этого лекарства, но все фабрики Нобеля были уже не в силах отдалить неотвратимый конец.

Изобретатель работал до последнего часа. 7 декабря 1896 г. он выразил в письме к другу сожаление, что не может продолжать работу над новой взрывчаткой: «К несчастью, мое здоровье опять плохо, но как только смогу, я снова вернусь к интересующему нас предмету». Письмо осталось неотправленным. Через несколько минут он был поражен кровоизлиянием в мозг, и 10 декабря скончался. Его останки были перевезены в Швецию и после кремации с почестями помещены 29 декабря в семейную могилу на стокгольмском Северном кладбище, где были похоронены его родители и младший брат Эмиль-Оскар. Нобель встретил свой смертный час, как и жил, — в полном одиночестве. Как он и предвидел, рядом с ним не было «близкого друга или родственника, чья добрая рука закроет в назначенный день глаза и прошепчет мягкие и сердечные слова утешения».

Причастность Нобеля к военной промышленности определила неоднозначность оценок его жизненного пути как современниками, так и потомками. При жизни его не раз называли «торговцем смертью» и даже возлагали на него всю тяжесть ответственности за гонку вооружений.

Как это ни парадоксально, но именно в последнее десятилетие своей жизни, когда Нобель работал над баллиститом и совершенствованием боеприпасов, проблема сохранения мира привлекала его внимание.

В значительной мере этому способствовало возрождение юношеского интереса к литературе, в частности к поэзии английского пацифиста Шелли, современника и друга Байрона. К этому же периоду относится и переписка с Бертой фон Саттнер, непродолжительное время работавшей его секретарем в парижской лаборатории в 1876 г. и ставшей впоследствии активным борцом за разоружение (в 1905 г. ей присуждена Нобелевская премия мира).

В одном из писем Нобель уверяет ее, что бомбы с огромной разрушительной силой как раз и окажутся гарантией мира. «Мои фабрики способны положить конец войне скорее Ваших конгрессов. В день, когда две противоборствующие армии смогут уничтожить друг друга за несколько секунд, все цивилизованные народы откажутся от войны и демобилизуют свои армии».

5. ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ В ГОРНОМ ДЕЛЕ*

5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В 60-х годах XIX века Ольсен и Норбин установили, что аммиачную селитру можно сенсибилизировать большим количеством разнообразных горючих добавок, включающих углеродистые и целлюлозные материалы. Кроме того, ими было обнаружено, что нитрат натрия в составе динамита можно заменить аммиачной селитрой. С этого времени аммиачная селитра явилась основой для «аммонийных поглотителей», в которых вместо нитрата натрия использовали аммиачную селитру. Аммиачно-селитренные поглотители обеспечивали более высокую энергию взрыва по сравнению с поглотителями, основанными на нитрате натрия, и позволяли получать значительную экономию от снижения содержания нитроглицерина в данном классе динамита. Нобель приобрел патент на аммиачно-селитренные ВВ и использовал аммиачно-селитренные поглотители в динамитах и желатин-динамитах для расширения ассортимента этих ВВ. Содержание нитроглицерина (или нитроглицерина и нитроцеллюлозы) в аммон-динамитах было ниже, чем в страйт-динамитах или в страйт-желатин-динамитах, в желатинированных страйт-динамитах благодаря более высокому энергетиче-

* Извлечение исторических сведений из книги *М.А. Кука* «Наука о промышленных ВВ». — М.: Недра, 1980, а также из книги *А.И. Иволгина* «Созидательные взрывы». — М.: Недра, 1975.

скому вкладу аммиачно-селитренных поглотителей по сравнению с поглотителями, содержащими нитрат натрия.

Промежуточное положение между аммон-динамитами и аммон-желатин-динамитами заняли полужелатинированные составы, в которых применялся частично желатинированный нитроглицерин. Полужелатинированные составы, широко распространенные в 40-х годах XX в., содержали как жидкий, так и желатинированный нитроглицерин. (В данном случае гель являлся просто загущенной жидкостью; он имел жидкую фазу и субмикроскопическую сплошную твердую фазу).

Одновременно с ростом объема применения индивидуальных химических ВВ и все растущей потребностью в источниках взрывной энергии эпоха динамита, так же как и эпоха дымного пороха, характеризовалась многочисленными несчастными случаями вследствие высокой чувствительности нитроглицерина, дымного пороха и капсюля-детонатора. Поэтому перед исследователями в первой половине XX в. была поставлена задача снижения чувствительности ВВ. Одна из фундаментальных разработок этого периода — создание комбинированного электродетонатора, состоящего из первичного инициирующего и вторичного бризантного ВВ. Другой разработкой было снижение температуры замерзания нитроглицерина смешением его с этиленгликольдинитратом (нитрогликолем), эффективным аналогом и полноценным заменителем нитроглицерина по мощности и смешивающимся с последним во всех соотношениях.

Если гремучая ртуть или смеси хлората калия с гремучей ртутью обеспечивали в детонаторе воспламенение, переход горения в детонацию и формирование детонационной волны высокой интенсивности во вторичном ВВ, отдельные химические вещества выполняют каждую из этих функций более эффективно и с большей безопасностью. Комбинированный электродетонатор, который в значительной степени заменил «обычный» хлоратно-гремучертутный капсюль-детонатор, был важным изобретением последних лет XIX и начала XX в. В комбинированном капсюле детонирующая смесь, очень чувствительная к воспламенению и способная распространить высокотемпературное пламя или даже почти детонационную волну иниции-

рующего ВВ, составляла первый элемент (например, стифнат свинца или диазинитрофенол). Следующий элемент состоял из инициирующего ВВ, например из азида свинца, а мощное вторичное ВВ (сначала тетрил, а позднее тэн, гексоген или октоген) составляло основной заряд электродетонатора, причем воспламенение осуществлялось при помощи плавкого «проволочного мостика».

Во второй половине XX в. можно отметить важное достижение, которое заключалось в расширении области использования сбалансированных смесей аммиачной селитры с горючими добавками и аммиачно-селитренных ВВ — самого дешевого источника энергии взрыва. Расширение области применения аммиачно-селитренных ВВ осуществлялось в двух направлениях: 1) за счет максимального использования сбалансированных смесей аммиачной селитры с горючими добавками (или аммонийных поглотителей) в динамитах, при этом существенно повышалась водоустойчивость этих смесей, и 2) создание рецептур безнитроглицериновых, аммиачно-селитренных ВВ. Быстрое, все расширяющееся применение аммиачной селитры в последней половине динамитной эпохи обусловливалось не только экономической выгодой, но также преимуществами аммиачно-селитренных смесей по безопасности. Таким образом, удалось уменьшить аварийность, связанную с применением динамитов.

Сбалансированные аммиачно-селитренные взрывчатые смеси благодаря низкой чувствительности были достаточно безопасными при производстве, обращении и транспортировании. По этой же причине они также были нечувствительными к первичным средствам инициирования при применении. Кроме того, аммиачно-селитренные ВВ обычно в значительной степени десенсибилизировались при увлажнении из-за высокой гигроскопичности и хорошей растворимости аммиачной селитры в воде.

Исследования и разработки не решили полностью проблемы влаго- и водоустойчивости; все способы, разработанные для придания водоустойчивости аммиачно-селитренным ВВ, приводили к значительному удорожанию ВВ. Кроме того, покрытие аммиачной селитры водоотталкивающими вещест-

вами, такими, как стеарат кальция и смесь петролатума, смолы и парафина, обеспечивало эффективную водоустойчивость в течение нескольких часов при атмосферном давлении, но было сравнительно неэффективным при избыточном давлении $10{,}5 \cdot 10^4$ — $21 \cdot 10^4$ Па; этот способ был также малоэффективным для снижения увлажняемости составов. Водоотталкивающие добавки в значительной степени снижали и без того низкую детонационную способность безнитроглицериновых аммиачно-селитренных ВВ, поэтому единственное ВВ этого типа (нитрамоны), получившее широкое применение, для обеспечения водоустойчивости упаковывалось герметично в жестяные банки.

В аммон-динамитах использование покрывающих аммиачную селитру добавок и предварительно желатинированных крахмала и гуаргама, препятствующих диффузии воды, оказалось более успешным, так как даже небольшое содержание нитроглицерина обычно обеспечивало детонационную способность, достаточную для преодолевания десенсибилизирующего действия и повышало водоустойчивость ВВ. Тем не менее водоустойчивость аммон-динамитов, защищенных от воды подобным образом, не была полностью удовлетворительной, особенно в тех случаях, когда они применялись при высоких гидростатических давлениях. В аммон-динамит, так же как и в безнитроглицериновые аммиачно-селитренные составы, вода будет проникать относительно длительный период времени только при нулевом избыточном давлении, при избыточном давлении $10{,}5 \cdot 10^4$ — $21 \cdot 10^4$ Па вода будет проникать в порошкообразное вещество за время от нескольких часов до нескольких минут. Кроме того, целлюлозные материалы имеют тенденцию снижать температуру самовоспламенения и разложения, т. е. снижают термическую стабильность аммиачной селитры.

Один из наиболее эффективных способов обеспечения водоустойчивости безнитроглицериновых аммиачно-селитренных ВВ был реализован в 30-х годах фирмой «Дюпон» при разработке нитрамона (патент США 1992216, 1934 г.). Он заключался в упаковке сбалансированных смесей аммиачной селитры с горючими добавками в герметичные металлические оболочки для

защиты продуктов от воздействия воды и влаги. Это изобретение было столь эффективным, что с 1934 по 1955 г. нитрамоны оказались наиболее популярными промышленными ВВ, особенно при ведении взрывных работ на земной поверхности. Нитрамон S, имеющий более высокую детонационную способность, также широко применяли при сейсморазведке. Наиболее известным из нитрамонов был нитрамон А, содержащий аммиачную селитру, динитротолуол, стеарат кальция, ферросилиций. Его плотность 1,3 г/см^3 была значительно выше плотности ранее разработанных аналогичных ВВ. Плотность нитрамона В, состоящего из 92 % аммиачной селитры, 4 % динитротолуола и 4 % парафина, составила 1,15 г/см^3. Нитрамон С, содержащий 94,5 % аммиачной селитры и 5,5 % парафина, имел плотность около 0,85 г/см^3.

Б.Д. Росси сделал интересное заявление о том, что впервые простейшие ВВ начали применять в Советском Союзе в 1934 г. под названием динамонов. В США простейшие ВВ стали выпускать в 1935 г. под названием нитрамонов. Далее он констатировал, что в конце 50-х годов в СССР и за рубежом началось производство простейших ВВ. Сказанное относилось к игданитам, т. е. смесям гранулированной аммиачной селитры с дизельным топливом.

Применение нитрамонов ограничивалось в основном использованием больших зарядов: диаметром 150—254,0 мм и длиной 5—15 м. Нитрамон S, имеющий более высокую детонационную способность, выпускали в оболочках диаметром 50,8; 63,5 и 76,2 мм, которые можно было составлять (свинчивать) вместе по длине с образованием непрерывной колонки без зазора между отдельными банками. Таким образом, оказалось возможным обеспечить надежную детонационную способность этого ВВ.

Несмотря на упаковку в жестяные банки, нитрамон не был абсолютно водоустойчив при всех условиях применения. Например, не всегда оказывалось возможным предотвратить проникновение воды в банки с ВВ, особенно при высоком гидростатическом давлении или при заряжании в скважины с острыми неровностями на стенках, которые часто вызывали разрыв

банок. В этих случаях проникновение воды в нитрамон приводило в основном к отказу, если оно не было предварительно обнаружено и поврежденные заряды не были изъяты из скважины.

В 1940 г. М. Кук по-новому решил проблему водоустойчивости безнитроглицериновых аммиачно-селитренных ВВ. Для придания водоустойчивости был предложен эффективный и экономичный способ водонаполнения ВВ, успешно используемый в настоящее время. Он основан на малой скорости диффузии воды через неплотности в закрытые банки и из них. При этом используется малое свободное пространство для ограничения поглощения воды через неплотности при наличии давления и учитывается тот факт, что общий объем водного раствора аммиачной селитры больше суммарного объема его отдельных компонентов, т. е. непористое вещество в растворе аммиачной селитры в воде набухает, вследствие чего появляется тенденция к выталкиванию раствора обратно через место проникновения воды. Сбалансированные аммиачно-селитренные смеси, сенсибилизированные ВВ, были изготовлены с пластификатором [$Ca(NO_3)_2$, $NH_2C(NH_3)_2$, NH_3NO_3 и NH_3], получаемым на месте при нагревании аммиачной селитры с $CaCN_2$ по типу процесса Вудбери — Врайтсмана (патент США 1663572, 1936 г.), что позволяло легко уплотнять получаемую смесь до плотности монокристалла, при этом она все еще оставалась свежей, горячей и пластичной. Комки массы затем плотно набивали в банки, так что, когда эти заряды подвергались действию высокого гидростатического давления (заряд в этом случае был использован в глубоких нефтяных скважинах при гидростатических давлениях, превышающих иногда $21 \cdot 10^5$ Па), банки деформировались. В этих случаях около 2—5 % воды могло проникнуть в безнитроглицериновое аммиачно-селитренное ВВ. Это небольшое количество воды и медленная диффузия практически не ухудшали свойства продукта, а расширение раствора аммиачной селитры в воде препятствовало дальнейшему проникновению воды в продукт. В результате этого была достигнута высокая водоустойчивость. Сотни глубоких скважин были взорваны в условиях различных гидростатических давлений. Этот способ позволил более эффективно

применять упомянутые ВВ по сравнению с составами, содержащими «отвержденный» и жидкий нитроглицерин, и снизить опасность при производстве взрывных работ. К сожалению, подкисление скважинных вод для повышения проницаемости нефтеносного пласта заставило отказаться от применения метода взрывных работ. В настоящее время намечается возврат к использованию взрывного метода, который теперь оказывается более предпочтительным благодаря наличию лучших, более экономичных текучих водосодержащих ВВ, наиболее подходящих для ведения взрывных работ в глубоких скважинах.

5.2. ПЕРИОД ПРИМЕНЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ НЕВЗРЫВЧАТЫХ КОМПОНЕНТОВ

Вторая половина XIX в. оказалась весьма плодотворной в развитии промышленных ВВ. 60-е годы были годами создания динамитов, основного вида промышленных ВВ. Взрывчатые смеси достигли господствующего положения в промышленности в 60-х годах XX в., и можно предположить, что они будут иметь доминирующее положение, по крайней мере, до конца XXI века. Точно так же как ассортимент динамитов 60-х годов XIX в. состоял из нескольких десятков сортов, так и ассортимент взрывчатых смесей в 60-х годах XX в. насчитывал примерно такое же число рецептур. Патенты на динамиты и капсюль-детонатор были выданы в 60-х годах XIX столетия; взрывчатые смеси и средства их инициирования описаны в патентах на ВВ 60-х годов XX в.

Метод ведения взрывных работ с использованием патронов и детонаторов возник с появлением динамитов, чувствительных к действию капсюля-детонатора. Благодаря меньшей чувствительности к механическим воздействиям оказалось возможным организовать механизированное, крупнотоннажное производство взрывных смесей на местах ведения взрывных работ, а также осуществить их механизированное заряжание. Надо полагать, что применение взрывчатых смесей будет продолжаться по крайней мере до конца настоящего века.

Таблица 5.1

Аммиачная селитра (АС) и перхлорат аммония (ПА) как взрывчатые вещества

ВВ	Покрытие частиц	Размер фракции, мм	Плотность, г/см^3	Критический диаметр детонации, мм	Масса минимального промежуточного детонатора*, г
АС	Нет	–0,208+0,074	1,02	127	150
ПА	»	–0,208+0,074	1,21	127	230
АС	»	+0,833	0,86	508	1000
АС	0,01 %	+0,833	0,86	203	380
АС	Кизельгур	+0,833	0,82	Отказывает в зарядах диаметром 508 мм	Отказывает

* Литые шашки из смеси тэна с 50 % тротила или эквивалентного ей ВВ.

Термин «простейшая взрывчатая смесь», широко применяемый в настоящее время, был обычным для аммиачно-селитренных ВВ, сенсибилизированных горючими добавками, причем эти добавки сами по себе были невзрывчатыми. Взрывчатые смеси, не чувствительные к капсюлю-детонатору, для возбуждения детонации требовали применения мощного промежуточного детонатора. Подобно перхлорату аммония, который в чистом виде ошибочно считается невзрывчатым продуктом, тонкодисперсная аммиачная селитра является ВВ (табл. 1.1).

Первые взрывчатые смеси по чувствительности были сравнимы с перхлоратом аммония и аммиачной селитрой без обволакивающих покрывающих частицы ВВ добавок.

5.3. ВОДОСОДЕРЖАЩИЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА

Водосодержащие ВВ представляют собой аммиачно-селитренные составы, сенсибилизированные горючими добавками. Иногда в водосодержащие ВВ кроме аммиачной селит-

ры вводят другие окислители, такие, как нитрат натрия или перхлорат натрия, в которых твердые горючие добавки и часть окислителя диспергированы в сплошной жидкой среде, главным образом в водном растворе (с добавкой или без добавления других полярных растворителей), причем эта смесь часто содержит большее или меньшее количество пузырьков воздуха.

Под простейшими взрывчатыми смесями подразумевают намного менее опасные в обращении взрывчатые составы по сравнению с теми, для которых принято название «взрывчатые вещества». Поэтому не чувствительные к капсюлю-детонатору водосодержащие ВВ также могут быть названы простейшими водосодержащими взрывчатыми смесями. Составы, в которых использованы мощные ВВ, являются в основном менее чувствительными ко всем видам инициирования и менее опасными в обращении благодаря наличию воды в составе, чем другие ВВ, включая и относительно нечувствительную смесь АС-ДТ. Раньше это название вызывало возражение; в настоящее время в США имеется тенденция применять термин «простейшие» для всех водосодержащих ВВ — и чувствительных и не чувствительных к капсюлю-детонатору на основании того, что они являются явно более безопасными, чем какой-либо другой класс ВВ. По принятой классификации водосодержащие составы называются водосодержащими взрывчатыми веществами (ВВВ), если они сенсибилизированы взрывчатыми соединениями (например, тротилом, бездымным порохом, мощным бездымным порохом, содержащим динитрат или тринитрат целлюлозы), и простейшими взрывчатыми водосодержащими смесями (ПВВС), если горючий компонент не является взрывчатым, например алюминий, сера и (или) твердые растворимые или не растворимые в воде углеводороды. Для чувствительных к детонатору водосодержащих ВВ используется термин «водосодержащие взрывчатые вещества».

5.4. ЭВОЛЮЦИЯ СМЕСЕЙ АС-ДТ

В то время как изобретения ВВВ и ПВВС были запатентованы, смеси АС-ДТ производились стихийно на местах применения промышленных ВВ. Развитие производства смесей АС-ДТ вначале происходило при сильной оппозиции со стороны изготовителей ВВ. В развитии и разработке смесей АС-ДТ можно выделить четыре стадии.

1. Гранулированная аммиачная селитра, входящая в состав АС-ДТ, была разработана в начале 40-х годов XX в. для применения в качестве удобрения и первоначально признавалась негодной для изготовления ВВ из-за слишком крупного размера частиц, высокой влажности и низкой плотности. Аммиачная селитра, предназначенная для изготовления ВВ, была непористой и поэтому неэффективной в смесях АС-ДТ, за исключением тонкодисперсного сорта.

2. Катастрофические взрывы кораблей, загруженных аммиачной селитрой для удобрений, происшедшие в 1947 г. в Техас-Сити (США) и Бресте (Франция), а немногим более года спустя и в Черном море, навели научно-техническую общественность и особенно владельцев горных предприятий, которые несли тогда большие расходы вследствие высокой стоимости ВВ, на мысль, что АС является дешевым, мощным ВВ с широкими возможностями применения при взрывных работах.

3. Горные инженеры попытались (в середине 1950 г.) применить аммиачную селитру в качестве ВВ в скважинах большого диаметра на железорудных месторождениях Мичигана и Северной Миннесоты. Применяемая ими аммиачная селитра была в десенсибилизированной форме и отличалась от аммиачной селитры для удобрений, с которой имели место катастрофы. Попытки применения этой селитры в качестве ВВ оказались не совсем удачными, так как ее использовали в скважинах большого диаметра и в качестве промежуточных детонаторов применялись динамитные заряды большой массы. Убедившись в необходимости сенсибилизации аммиачной селитры горючими добавками, позже на каждый мешок селитры для удобрений добавляли 3,785 л нефтяного масла. Такая смесь имела повышенную работоспособность.

4. В октябре 1956 г. в университете штата Миннесота состоялся симпозиум, на котором присутствовали горные инженеры и специалисты по ВВ. Они много сделали в области механизации изготовления и стандартизации смесей АС-ДТ. Наш вклад в развитие смесей АС-ДТ состоит в разработке более экономичного промежуточного детонатора, который в настоящее время широко применяется при взрывных работах на карьерах.

Аммиачная селитра для удобрений, которая детонировала при катастрофических взрывах, для предотвращения слеживания была покрыта приблизительно 1 % воска, который, кроме того, являлся одновременно и горючим, и сенсибилизатором для аммиачной селитры. Это количество воска соответствовало максимуму чувствительности бинарной смеси с селитрой. Даже стехиометрическая смесь (94,5 % аммиачной селитры с 5,5 % воска), соответствующая нулевому кислородному балансу и широко используемая в качестве взрывчатой смеси, около 20 лет была заметно менее чувствительной. Относительно высокая чувствительность покрытой воском аммиачной селитры для удобрений, а также большая масса заряда (в каждом случае взрывались корабли, загруженные 3000—4000 т аммиачной селитры) способствовали переходу горения в детонацию в каждом из загораний такого груза. Однако оставалось непонятным, каким образом возникало загорание. В результате проведенных дискуссий оказалось, что аммиачная селитра для удобрений была упакована в мешки и затаривалась в горячем состоянии (при температуре 90 ± 20°С).

Увлажненные бумажные мешки под воздействием влаги часто оказывались пропитанными горючим компонентом. Если покрытие воском не снижает термическую стабильность аммиачной селитры, то целлюлозные материалы, как это было обнаружено Финдлеем и Розерверном 25 лет тому назад, находящиеся в тесном контакте с аммиачной селитрой, снижают ее термическую стабильность. Действительно, смесь аммиачной селитры с бумагой оказывается способной к саморазогреву в той самой области температур, которая имеет место при упаковке аммиачной селитры в мешки и при загрузке корабля. В самом деле, селитра часто прибывала в портовый город заметно более горячей, чем во время упаковки ее в мешки. Материал

мешков становился хрупким и даже обугливался под воздействием саморазогрева, вызванного истиранием бумажной тары при транспортировании, переупаковке, а также при загрязнении. К тому же несколько случаев самопроизвольных возгораний продукта при железнодорожных перевозках предшествовали катастрофе в Техас-Сити. После нее воск был заменен кизельгуром — несколько худшей добавкой против слеживания, но зато более безопасной. Это и была та десенсибилизированная опудренная кизельгуром аммиачная селитра для удобрений, которую владельцы горных предприятий использовали при разработке смесей АС-ДТ.

Аммиачная селитра, сенсибилизированная добавкой приблизительно 6 % парафина или нефтяного масла, в настоящее время является самым дешевым источником энергии взрыва. К этому выводу пришли в результате длительных исследований. Результаты проведенной работы позволили существенно расширить область применения смесей, по данным Горного бюро США. За период с 1912 по 1928 гг. ежегодное использование аммиачной селитры в промышленных ВВ было относительно небольшим; потребление селитры в промышленности увеличилось с изобретением нитрамона, который широко применялся в промышленности в течение двух десятилетий. Подобно динамитам он проложил путь современным взрывчатым смесям — АС-ДТ и водосодержащим.

Общее количество взрывчатых смесей АС-ДТ и водосодержащих ВВ, применяемых на открытых горных разработках, увеличилось приблизительно в 5 раз по сравнению с объемом изготовляемых ранее динамитов. Увеличение объема производства взрывчатых смесей было вызвано экономичностью применения и простотой технологических операций с ними на открытых горных разработках. В самом деле, разработки таконита вряд ли были бы экономически выгодны без применения ВВВ типа сларри. Преимущества смеси АС-ДТ заключаются в следующем: 1) в настоящее время они являются самым дешевым источником удельной энергии взрыва (энергия взрыва, приходящаяся на 1 г ВВ); 2) они намного безопаснее по сравнению с динамитами, но все же не так безопасны, как водосодержащие ВВ —

нитрокарбонитраты*; 3) пористая гранулированная аммиачная селитра легко впитывает и удерживает надлежащее количество нефтяного масла (6 %). Изготовление и заряжание смеси АС-ДТ в скважины на местах применения механизировано и достаточно высокопроизводительно. Существенным преимуществом смесей АС-ДТ и сларри является то, что они полностью заполняют объем скважин; это обстоятельство, как известно, имеет большое значение для повышения эффективности взрывного разрушения пород.

Простейшую смесь АС-ДТ сначала использовали только в скважинах большого диаметра при открытых взрывных работах, но позднее ее стали применять при взрывных разработках в подземных условиях в скважинах небольшого диаметра. Это стало возможным благодаря заряжанию ее в шпуры с помощью пневмозарядчиков под давлением, достаточным для того, чтобы раздробить гранулы и снизить таким образом критический диаметр детонации до размера, меньшего, чем диаметр шпура. (Смесь АС-ДТ до заряжания таким образом имела критический диаметр детонации от 102 до 127 мм). Только два недостатка не позволили смеси АС-ДТ полностью заполнить рынок промышленных ВВ: 1) она легко теряет детонационную способность под воздействием воды и поэтому в основном не может применяться в обводненных условиях, которые характерны для значительной части взрывных работ в промышленности; 2) несмотря на полное заполнение объема скважины, эта смесь, имея низкую плотность, развивает также и низкое давление в скважине, недостаточное для эффективного разрушения крепчайших пород, особенно у подошвы уступа и при взрывании в условиях «зажима», при которых отбойка породы является наиболее трудной. Недостаточная водоустойчивость этой смеси в настоящее время частично компенсируется использованием сложных методов осушения скважин.

---

* Нитрокарбонитраты, относимые к ПВВС, содержат невзрывчатые компоненты; они являются не чувствительными к промышленным капсюлям-детонаторам и требуют применения промежуточного детонатора для возбуждения детонации. Первым из нитрокарбонитратных ВВ был нитрамон. Один из сортов нитрамона представлял собой простую смесь аммиачной селитры с парафином и был, таким образом, аналогичен смеси АС-ДТ, за тем исключением, что в нитрамоне использовали твердое, а не жидкое горючее и ВВ укупоривали в металлические банки.

5.5. РАЗРАБОТКА ВОДОСОДЕРЖАЩИХ ВВ

Основополагающая идея разработки водосодержащих взрывчатых смесей состоит в том, что насыщенный водный раствор окислителя (первоначально аммиачной селитры) использовали в качестве сплошной или диспергирующей фазы водосодержащего состава, в которой диспергирован как избыточный твердый окислитель, так и сенсибилизирующие горючие добавки. Причем получаемый состав, обычно нечувствительный к действию промышленных капсюлей-детонаторов, удовлетворительно детонирует при инициировании достаточно мощными промежуточными детонаторами, особенно в скважинах большого диаметра на открытых горных разработках. Под горючими добавками здесь подразумевается любой горючий материал, независимо от того, является он взрывчатым или нет, который может быть достаточно равномерно диспергирован в водной среде. Такими добавками могут быть ВВ с отрицательным кислородным балансом, подобные тротилу, бездымному пороху, или они могут быть представлены невзрывчатыми горючими веществами, такими, как углеводороды, углеродистые и целлюлозные материалы и горючие высококалорийные металлы, например алюминий и кремний.

Содержащие заметное количество воды водосодержащие ВВ и смеси являются самыми безопасными из всех ВВ, потому что они трудно воспламеняются и почти совершенно нечувствительны к удару, прострелу пулей и трению, т. е. к тем воздействиям, которые могут вызвать взрыв динамитов. Кроме того, эти смеси являются водоустойчивыми благодаря присутствию в них гидрофильного коллоида гуаргама, который повышает вязкость и препятствует проникновению воды (путем создания защитного слоя) или снижает скорость диффузии воды в состав и из него.

Термин «водный гель» является неправильным для любой водосодержащей взрывчатой системы с твердыми окислителями и горючими добавками. Гелем правильно называть сплошную (жидкую) фазу, которая обычно составляет менее половины всего взрывчатого состава. До тех пор пока видимые твердые час-

тицы взвешены в сплошной жидкой фазе, такую смесь следует считать суспензией. Гелевая фаза содержит коллоидные (субмикронные) твердые частицы, взвешенные (в виде «волосяной щетки», состоящей из субмикронных твердых частиц, соединенных вместе поперечными связями) в сплошной фазе водного раствора. Поскольку все промышленные, так называемые водные гели содержат видимые твердые частицы во взвешенном состоянии, они фактически относятся к слурри.

Первая промышленная взрывчатая суспензия была сенсибилизирована не алюминием, как при первом испытании водосодержащего ВВ в полевых условиях в Кноб Лайк (Лабрадор — Квебек), а грубодисперсным ТНТ — таким, как нитропел. Эта суспензия содержала необходимое количество АС, грубодисперсный (частицы проходят через сито с отверстиями диаметром 0,542 мм) ТНТ, воду и загущающий агент. Первой промышленной смесью этого типа был гидромекс, выпускавшийся фирмой «Канадиен Индастрис Лимитед». Эта фирма также первой стала вводить в промышленные составы имеющий много достоинств гуаргам и ионы бора для загущения и желатинизации слурри. До широкого применения взрывчатых смесей они были испытаны в США фирмой ИРЕКО при опытных работах для «Оливер Майнинг Компани», отделения фирмы «Стилл Корпорейшен» (США), в Маунтейн Айрон (штат Миннесота). При проведении этих испытаний было также использовано слурри, сенсибилизированное ТНТ (ДБА-1). Опытные взрывы были настолько успешными, что водосодержащие ВВ, сенсибилизированные ТНТ, сразу стали эффективным промышленным ВВ на карьерах Месаби Рендж.

Взрывчатые сенсибилизаторы для водосодержащих ВВ (ТНТ, состав В и бездымный порох) не имеют широкого распространения, потому что их поставки лимитированы и они сравнительно дороги.

Первые успешные испытания показали, что порошки алюминия могут сенсибилизировать слурри, но проблемы, возникающие при производстве и хранении из-за невысокой стабильности (вследствие медленной реакции алюминия с водой выделяется газообразный водород), сначала препятствовали использованию алюминия в слурри. Изучение медленной реакции

алюминия с водой, протекающей во время хранения (патент США 113059), позволило применять в качестве промышленных ВВ алюминизированные слларри, в них дополнительными сенсибилизаторами использовались ТНТ или бездымный порох. С 1963 г. широкое промышленное применение получили слларри, сенсибилизированные только алюминием (нитрокарбонитраты). Сенсибилизированные алюминием слларри имеют преимущество перед другими своими аналогами, заключающееся в ограниченном содержании взрывчатых компонентов. Другим преимуществом применения алюминия в слларри является то, что при введении каждого процента алюминия удельная энергия взрыва ВВ (энергия на 1 г) в зависимости от состава повышается от 2,5 до 3,5 %. С другой стороны, в своем влиянии на удельную энергию взрыва тротил и бездымный порох не имеют преимуществ перед обычным высококачественным горючим, таким, как нефтяное масло. В самом деле, алюминий заметно повышает удельную энергию взрыва составов ВВ даже с отрицательным кислородным балансом. Именно поэтому слларри, состоящие из аммиачной селитры, ТНТ, алюминия и воды, при одинаковом содержании тротила более эффективны по сравнению с суспензиями, состоящими из аммиачной селитры, ТНТ и воды, и поэтому литой тритонал (содержащий 80 % ТНТ и 20 % алюминия) предпочтительнее литого тротила, который является ВВ с большим отрицательным кислородным балансом.

Вместе с важными усовершенствованиями в использовании алюминия как эффективного сенсибилизатора для слларри завершилась разработка дешевых, невзрывчатых, неметаллических сенсибилизаторов. Это означало, что слларри в конце концов смогут заменить смеси АС-ДТ как самый дешевый источник взрывчатой энергии, потому что водные растворы аммиачной селитры дешевле (в пересчете на сухое вещество) твердой аммиачной селитры, а применяемые сенсибилизаторы стоят дороже нефтяного масла.

Алюминизированные ПВВС (табл. 5.2) были разработаны в 1956 г. Водосодержащие ВВ, сенсибилизированные тротилом, были разработаны в 1957 г. и сразу получили промышленное применение благодаря простоте изготовления и достаточно хо-

рошей воспроизводимости составов. Водосодержащие ВВ, сенсибилизированные тротилом, можно эффективно применять в условиях, если ВВ находятся под высоким давлением, например в глубоких скважинах и при подводном взрывании.

Водосодержащие ВВ, сенсибилизированные бездымным порохом и нитроклетчаткой, широко применяли в 1960—1964 гг. С тех пор область их применения сузилась, так как объем использования этих ВВ зависел от ограниченного поступления излишков бездымного пороха и нитроклетчатки из государственных запасов. Одной из основных причин сокращения объёма применения было то, что бездымные пороха являются слишком дорогими для использования в промышленных ВВ.

Водосодержащие взрывчатые смеси, сенсибилизированные алюминием, и водосодержащие ВВ, сенсибилизированные тротилом и алюминием с большим количеством алюминия (до 35 %), являются наиболее мощными из всех промышленных ВВ.

Водосодержащие взрывчатые смеси, сенсибилизированные горючими добавками, по сравнению со сларри имеют самые низкие плотности и мощность и вместе с тем отличаются самой низкой стоимостью компонентов. Поэтому они пригодны главным образом для заряжания верхних частей скважин и скважин полностью в относительно слабой породе.

Водосодержащие ВВ и смеси получили широкое применение на открытых горных разработках, поскольку они являются единственными составами, применяемыми для заряжания нижней части скважин при взрывных работах по очень крепким породам и при сильной обводненности скважин. Высокие плотность заряжания и объемная концентрация энергии ВВВ, а также ПВВС позволяют снизить стоимость бурения и получить более высокую эффективность взрыва и лучшее дробление породы. Благодаря этому снижаются затраты труда, а также стоимость бурения и экскавации, транспортирования, дробления и измельчения горной массы. Результаты опытных сравнительных взрывов с ПВВС и смесями АС-ДТ, выполненных в сухих, мягких породах, где смеси АС-ДТ работают лучше, показывают, что даже в этих условиях ПВВС иногда оказываются более предпочтительными.

Таблица 5.2

Классы водосодержащих ВВ и водосодержащих взрывчатых смесей, предназначенных для заряжания скважин

Состав	Сенсибилизатор и его содержание в составе, %	Окислитель	Содержание воды, %	
			номинальное	пределы изменения
ВВВ, сенсибилизированные тротилом	Тротил, 17—60	Аммиачная селитра, натрий азотнокислый, хлорат натрия, перхлорат натрия и их комбинации*	15	8—40
ВВВ, сенсибилизированные составом В	Сплав тротила с гексогеном, 15—35	Аммиачная селитра, натрий азотнокислый и их комбинации	15	12—16
ВВВ, сенсибилизированные бездымным порохом	Дымный порох, 20—60	Аммиачная селитра, натрий азотнокислый, барий азотнокислый, хлорат натрия, перхлорат натрия и их комбинации*	15	2—20**
ВВВ, сенсибилизированные нитроклетчаткой	Нитроклетчатка, 20—60	Аммиачная селитра, натрий азотнокислый и их комбинации	15	10—30
ВВВ, сенсибилизированные сплавом тротила с алюминием	Сплав тротила с алюминием (5—25 тротила и 0,5—40 алюминия)	Аммиачная селитра, натрий азотнокислый, перхлорат натрия и их комбинации	15	10—30
ВВВ, сенсибилизированные бездымным порохом и алюминием	Бездымный порох, 10—15; алюминий, 1—40	Аммиачная селитра, натрий азотнокислый и их комбинации	15	12—30

Окончание табл. 5.2

Состав	Сенсибилизатор и его содержание в составе, %	Окислитель	Содержание воды, %	
			номинальное	пределы изменения
ПВВС, сенсибилизированные алюминием	Алюминий, 1—40; горючие добавки, 1—12	Аммиачная селитра, смесь аммиачной селитры с натрием азотнокислым, смесь аммиачной селитры с перхлоратом натрия, перхлорат натрия	11	6—30**
ПВВС, сенсибилизированные горючими добавками	Горючие добавки,*** 4—15	Аммиачная селитра, смесь ее с натрием азотнокислым, перхлорат натрия, хлорат натрия	11	3—16**

* Аммиачная селитра и хлорат натрия несовместимы.
** Низкое содержание требует применения наполнителей в виде водных растворов, таких, как формамид, этиленгликоль, сахар, черная патока.
*** Под горючими добавками подразумеваются различные вещества: сера, гильсонит, твердые углеводороды, аммонийсодержащие — лигносульфонаты и т.д.

5.6. ГРУППА АММОНИТОВ

В наши дни аммониты занимают одно из первых мест при производстве созидательных взрывов. Между тем это ВВ имеет очень давнюю историю.

Аммиачная селитра еще в 1658 г. была известна Иоганну Глауберу.

В начале XIX в. было предложено заменить калиевую селитру в черном порохе аммиачной. Но это предложение не внушило доверия и только в 1843 г. подтвердилось, что смесь аммиачной селитры и угля обладает взрывчатыми свойствами.

Произведя теоретические вычисления, Ольсен и Норбин в 1867 г. получили патент на аммонит, который А. Нобелем был законсервирован на длительное время.

Многочисленные несчастные случаи при взрывных работах в шахтах заставили начать поиски таких ВВ, которые были бы безопасны при производстве взрывов в шахтах, имеющих рудничный газ и каменноугольную пыль. Такими свойствами обладали аммониты. В 1884 г. было создано несколько предохранительных ВВ, которые состояли из аммиачной селитры (83 — 95 %), динитронафталина (12 %) и тринитронафталина (5 %). Аммониты, содержащие динитронафталин, широко применяются во Франции (составы № 10 и № 7).

В 1886 г. в России И. М. Чельцов испытывал «громобой», представляющий собой смесь 72,5 % аммиачной селитры и 27,5 % пикрата аммония.

В Австрии начиная с 1900 г. в качестве ВВ применяли динамон и веттердинамон, которые содержали бурый уголь, калиевую селитру и другие компоненты. С 1900 г. в ряде стран производили ВВ, состоящие из аммиачной селитры и алюминия. Так, в Англии был выдан патент на аммонал (72 % аммиачной селитры, 4,5 % древесного угля и 23,5 % порошкообразного алюминия). Вследствие высокой температуры взрыва с 1912 г. аммоналы было запрещено применять в угольных шахтах. В настоящее время англичане производят аммонал в порошке или гранулах (12 % тротила, 83 % аммиачной селитры и 5 % алюминия).

В России применялись различные сорта аммонитов, в том числе содержащих алюминий, и открытый в 1869 г. тринитроксилол.

В годы первой мировой войны из-за недостатка тротила в Германии начали применять аммотол — сплав тротила и аммиачной селитры.

Разработанные в 1909 г. шнейдериты (87,5 % аммиачной селитры и 12,5 % динитронафталина) во время первой мировой войны использовали в России, Франции и Италии. В России также применяли аммотол 80/20.

Аммониты в СССР с 1924 г. начали применять на открытых горных работах, а с 1931 г. — на подземных.

Смеси аммиачной селитры с горючими добавками, не содержащие взрывчатых компонентов, были одновременно предложены в СССР в 1934 г. под названием «динамон» и в США — «нитрамон».

К этому нужно добавить принятый в 1939 г. антигризутный состав — аммасоль, разработанный С. И. Рудаковским.

Увеличение производства аммонитов позволило заменить ими динамиты, что значительно повысило безопасность работ.

В 1935 — 1936 гг. А. И. Селезневым были предложены предохранительные оболочки из 50 % хлористого натрия, 35 % гипса и 15 % каолина. Эти оболочки позволили повысить предельный заряд для гризутинов со 100 до 700 г, так как при взрыве вещества, образующие оболочку, превращаясь в пары, изолируют пламя взрыва от окружающего воздуха шахты.

В 1939 г. аммониты в СССР составляли около 80 % всего количества промышленных ВВ, а нитроглицериновые ВВ и черные пороха — только 20 %, а затем и вовсе были исключены из употребления.

После второй мировой войны производство предохранительных ВВ неуклонно возрастает. Так, в Англии, где в эту группу, наряду с аммонитами, включены нитроглицериновые (желатинированные и порошкообразные) ВВ, потребление их увеличилось с 8100 т в 1935 г. до 20510 т в 1952 г.

В СССР за разработку динамонов группа инженеров (В.Н. Красельщик, Н.Е. Яременко и др.) была удостоена Государственной премии. На горных предприятиях динамоны получили широкое распространение, причем их изготовляли непосредственно на рудниках с использованием горючих добавок местного происхождения (уголь, торф, древесная мука). Использовали и керосинит — пропитанную керосином аммиачную селитру. В разработке динамонов с жидкими горючими добавками известную роль сыграли труды ученых В.А. Ассонова, А.Ф. Беляева, Г.И. Покровского и Н.М. Сытого (1941—1943 гг.).

На карьерах США в конце 50-х годов в качестве ВВ использовали изготовляемую на месте смесь гранулированной аммиачной селитры с вязкими нефтепродуктами. Безопасность и низкая стоимость этой смеси способствовали ее быстрому распространению. К концу 1961 г. производство гранулита аммиачной селитры в США достигло 200 тыс. т, или 35 — 40 % всего промышленного потребления ВВ.

В СССР исследования смесей аммиачной селитры с нефтепродуктами шли своим путем и в результате работы группы академика Н.В. Мельникова и д-ра техн. наук Г.П. Демидюка (Институт горного дела имени А.А. Скочинского) были созданы игданиты. В 1958 г. была разработана технология их изготовления. В 1959 г. они прошли промышленную проверку и были рекомендованы к внедрению на открытых горных работах.

Опытно-промышленное использование игданитов в широких масштабах было осуществлено на ряде рудников в начале 60-х годов.

Тенденция использования простейших ВВ, в том числе на основе аммиачной селитры, становится всеобщей. Так, американский экримайт для дробления пород и углей на открытых работах представляет собой смесь 95 % аммиачной селитры и 5 % сажи.

В настоящее время во всех странах мира в подавляющее большинство ВВ, даже в такие, как динамиты и донариты, аммиачная селитра включается как важнейший компонент.

Если еще добавить, что существует большой спрос на аммиачную селитру как отличное минеральное удобрение, то все это можно образно назвать триумфом аммиачной селитры.

5.7. ХЛОРАТИТЫ И ПЕРХЛОРАТИТЫ

Уже упоминалось, что хлоратный порох вследствие большой опасности в обращении практического применения не получил. Но этот богатый кислородом белый порошок сотни раз привлекал к себе внимание исследователей. Так, в 1849 г. Ожандром был предложен один из первых хлоратитов. Было очень заманчиво использовать его, но сделать безопасной смесь хлората с горючими добавками казалось непреодолимой задачей. Вскоре решение было найдено.

При производстве взрывных работ в Нью-Йоркском порту был применен изобретенный Дивиным «Рекка-Рокк» (рекарок). Новое заключалось в том, что до производства работ окислитель (хлорат калия — 79 %) и горючее (нитробензол — 21 %) хранили раздельно и смешивали только перед употреблением.

Рекарок получил признание и в России: он был использован при строительстве порта во Владивостоке и Амурской железной дороги. Из аналогичных хлоратитов следует упомянуть мядзенкит Лащинского, представляющий собой смесь хлората и керосина.

Изобретение капсюля-детонатора сделало возможным поставить вопрос о флегматизации ряда слишком чувствительных к удару и нагреванию ВВ, и в частности хлоратитов. Для понижения их чувствительности было использовано большое количество различных флегматизаторов, например воска, сала, глицерина, вазелина, парафина, нефти, различных масел, камфоры и т.п.

Подбором к хлорату калия соответствующих горючих, играющих одновременно роль флегматизатора, оказалось возможным получить бризантную смесь с пониженной к внешним воздействиям чувствительностью, позволяющую сравнительно безопасно с ней обращаться.

Таким образом, работы с хлоратитами позволили сделать очень важный теоретический вывод, имевший общее значение для многих ВВ, а именно: опасные по своей чувствительности ВВ могут быть практически использованы, если их предварительно флегматизировать. Кроме того, флегматизаторы подсказали пути создания пластических сортов ВВ.

Хлоратиты приобрели практическую ценность после того, как успехи электрохимии позволили получать дешевое сырье на базе гидроэлектрической энергии.

В 1897 г. было предложено ввести в хлоратные смеси нитрированные углеводы с низкой точкой плавления, а в качестве флегматизатора — касторовое масло. Так были получены шеддиты — хлоратиты малой чувствительности и большой бризантности. Шеддиты первоначально изготовлялись на заводах в Шедде (Верхняя Савойя).

Для устранения слеживаемости в смеси вводили ряд пористых веществ, препятствовавших самоуплотнению: пробковую муку, кизельгур, древесную муку и т. п.

К разновидностям хлоратитов относятся: клерокс, разработанный Ф. Е. Иевлевым, хлоратиты С. Н. Степанова (1896 г.), Кирсанова (1899 г.), альметрит Е.И. Шпитальского (1914 г.), С.И. Рудаковского и др.

Впервые перхлорат аммония как составная часть ВВ был применен в 1888 г. Практически пригодный перхлоратит был предложен в 1895 г. В 1904 г. появились пермониты, один из которых, применявшийся на английских рудниках, состоял из 31 % перхлората калия, 4 % нитроглицерина, 0,5 % коллодионного хлопка, 43 % аммиачной селитры, 13 % тротила, 7 % крахмала и 1,5 % древесной муки.

В России был разработан бризантит — смесь тротила с перхлоратом аммония.

В настоящее время в Швеции для взрывания слабых пород применяется террит — смесь перхлората аммония, желатинированного нитроглицерина, динитротолуола и натриевой селитры.

В СССР перхлоратиты, так же как и хлоратиты, из-за высокой чувствительности имеют эпизодическое применение, главным образом в пиротехнике. Но непрерывно появляющиеся патенты говорят, что интерес к этому виду ВВ не прекращается.

5.8. КРАСКА-ВЗРЫВЧАТКА

В 1771 г. немецкий химик Вульф в одном из своих трудов упомянул о красящих свойствах соединения, напоминающего пикриновую кислоту.

В 1778 г. Гаусман, воздействуя азотной кислотой на фенол, получил пикриновую кислоту (тринитрофенол). Это вещество он описал как отличную краску, и, как это ни странно, химики в течение почти ста лет, применяя ее для окраски в ярко-желтый цвет шерсти и шелка, даже не подозревали о ее взрывчатых свойствах.

После появления капсюля-детонатора и исследований Шпренгеля, в 1872 г. было установлено, что эта краска способна взрываться.

И только в 1886 г. опыты Эжена Тюрпена по взрыванию мелинита (так был назван плавленый тринитрофенол) показали, что он является мощным ВВ.

Русский исследователь С.В. Панпушко (1856—1891 гг.) один из первых организовал тщательное исследование свойств мелинита и методов снаряжения им боеприпасов. Во время од-

ного опыта произошел неожиданный взрыв и жизнь исследователя трагически оборвалась. В память о нем в Ленинграде воздвигнут монумент.

С 1895 г. мелинит стал применяться для снаряжения боеприпасов и при взрывных работах почти во всех странах мира. Заметим, что имелось множество названий пикриновой кислоты: лиддит (Англия), шимоза (Япония), экразит (Австрия), пикринит (Испания), мелинит (Франция) и т. д.

В Японии даже во время второй мировой войны мелинит был одним из основных видов ВВ.

В настоящее время мелинит теряет свое значение как ВВ. Одной из причин этого является способность мелинита образовывать при соприкосновении с металлами чрезвычайно чувствительные соединения (пикраты), которые были причиной многих катастрофических взрывов. Кроме того, в связи с распространением изделий из пластмасс (исходным продуктом для которых может служить фенол) значительно уменьшилась сырьевая база для производства тринитрофенола.

5.9. НОВЫЕ ВВ

Большую роль в расширении производства ВВ сыграло развитие металлургической промышленности. Для выплавки чугуна требовался кокс, который изготовляется путем сухой перегонки каменного угля. Продукты сухой перегонки выбрасывали в отвалы или выпускали на воздух, пока химиками не было установлено, что отходы коксования содержат такие ценные фракции, как аммиак, бензол, фенол, ксилол, нафталин, толуол и т.д., а все они оказались ценными исходными продуктами важных химических веществ, и в том числе бризантных ВВ.

Французский химик П.Ж. Пельтье перегонкой сосновой смолы получил толуол (метилбензол). Через четыре года такой же продукт был получен А. Сент-Клер Девилем при перегонке толуанского бальзама (отсюда и возникло название — толуол), а в 1848 г. Менсфильд выделил его из каменного угля.

При нитрации этого продукта смесью азотной и серной кислот Вильбрандтом в 1863 г. был получен тринитротолуол (тро-

тил, ТНТ, тол). Некоторое время о взрывчатых свойствах этого продукта только догадывались. Через несколько лет это предположение подтвердилось, и с 1891 г. производство тринитротолуола стало неуклонно расти.

Развитие коксохимической промышленности обеспечило производство тротила сырьем. Его ценные свойства — почти полная безопасность в обращении, сочетаемая с высокой бризантностью, стойкостью в хранении, обеспечили ему преобладающее положение среди других ВВ для снаряжения боеприпасов и подрывных работ.

Тротил в начале XX в. был принят на снабжение почти всеми армиями мира, его производство непрерывно возрастало. В России тротил стали производить в 1909 г. на Охтинском заводе. Этому предшествовала проведенная в 1904—1905 гг. под руководством Семена Петровича Вуколова (1863—1940 гг.) разработка технологических способов производства тротила.

Кроме применения в чистом виде, тротил уже в первую мировую войну использовали в сочетании с другими ВВ.

Методы снаряжения боеприпасов тротилом и аммотолом были разработаны Е.Г. Громовым и Н.Т. Зверовым.

Во время второй мировой войны тротил стал одним из основных видов ВВ.

В 1877 г. голландский ученый Ромбург на основе исследований академика Н.Н. Зинина открыл тринитрофенилметилнитрамин (тетрил) и, изучая его свойства, обнаружил способность его к взрыванию. Почти одновременно над производными анилина работал Михлер, который оспаривает у Ромбурга авторство на тетрил. Только спустя 18 лет были опубликованы первые сведения о нем. В 1910 г. промышленное производство тетрила было организовано в России на Шлиссельбургском заводе.

В 1890 г. Теодор Курциус проводил исследования азотистоводородной кислоты. Им был открыт ряд ее солей, из которых азид свинца в настоящее время применяется в качестве инициирующего ВВ в капсюлях-детонаторах. В 1891 г. Толлен и Виган открыли пентрит (тетранитропентаэритрит), более известный под названием тэна. Только 25 лет спустя было организовано его промышленное изготовление, и в настоящее время тэн в

флегматизированном виде применяется для снаряжения капсюлей-детонаторов, детонирующих шнуров и др.

В 1859 г. выдающийся русский химик академик А.М. Бутлеров синтезировал уротропин. При его обработке Геннигом в 1898 г. было открыто мощное ВВ — гексоген, который вскоре получил широкое распространение. Во вторую мировую войну его в больших количествах использовали для снаряжения авиабомб, бронебойных снарядов и специальных мин. Для снаряжения кумулятивных снарядов применялся сплав гексогена с тротилом.

С появлением широкого ассортимента новых мощных ВВ возникла необходимость в средстве, допускающем одновременный взрыв нескольких зарядов ВВ. Для этих целей огнепроводный шнур был непригоден, а электрический способ не всегда целесообразно применять. В 1879 г. был предложен детонирующий шнур, который в начале XX в. стал применяться во всех странах мира.

Первые образцы детонирующего шнура имели хлопчатобумажную оболочку, начиненную гранулированным пироксилином.

В 1890 г. французы применили шнур в оловянной оболочке с мелинитовой «начинкой».

В 1904 г. был предложен шнур в свинцовой оболочке, заполненной плавленым тротилом. В 1909 г. французы использовали тетриловый, а в 1919 г. шведы — тэновый шнур.

В Советском Союзе в 1927 г. были изготовлены детонирующие шнуры в нитяной оболочке, начиненные флегматизированной смесью азида свинца и тринитрорезорцината свинца, а через год — одним азидом свинца.

В 1931 г. у нас появился детонирующий шнур ДШ-31 с флегматизированной гремучей ртутью. В 1934 г. он был заменен шнуром ДШ-34 с сердцевиной из смеси гремучей ртути, тетрила и желатина.

В настоящее время применяют различные виды ДШ из тэна, гексогена и т. п.

В 1895 г. профессор К. Линде (1842 — 1934 гг.) разработал технологию получения жидкого воздуха и к 1907 г. создал ректификационный аппарат для разделения воздуха на составные части. Почти одновременно было установлено, что пропитанные

жидким воздухом или кислородом пористые горючие вещества (оксиликвиты) способны к взрыву. В 1902 г. оксиликвиты стали внедрять на горных и строительных работах.

Большое значение в развитии и применении оксиликвитов имели труды советских ученых, разработавших новые методы получения жидкого кислорода.

Использование оксиликвитов и совершенствование технологии сжижения газов натолкнули на мысль о принципиально новых способах беспламенного взрывания, в частности основанного на мгновенном превращении жидкой углекислоты в газообразное состояние. Такие патроны под названием «кардокс» появились в 1926 г., затем, усовершенствованные Б. Е. Долговым, они в 30-х годах были внедрены на многих шахтах, опасных по газу и угольной пыли.

Советский инженер Н.П. Комарь, заменив углекислоту водой, создал патрон «гидрокс». В 1932 г. этот патрон получил высокую оценку.

В конце 50-х годов на шахтах Донбасса при нагнетании воды в пласт для борьбы с угольной пылью было замечено, что пласт утрачивает монолитность, а вместе с ней и крепость. Это навело В. М. Фомина и других инженеров на мысль использовать воду для рыхления пластов.

Вместо ВВ в шпуры вставляются гидрозатворы, и через них под давлением в 60—70 бар нагнетается вода. После подрубки пласта врубовой машиной уголь оказывался готовым для погрузки.

Б.В. Войцеховский работал над импульсной гидропушкой, в которой давление воды доведено до 30 000 бар. Водяной импульс врезается в горную породу, как нож в масло.

Сочетание гидравлического эффекта и взрыва ВВ (гидровзрывной способ) весьма перспективно.

Проводили также успешные эксперименты по дроблению пород динамореактивной пушкой, струями реактивных двигателей, отслуживших свой срок в авиации, электроразрядом конденсатора на помещенный в шпуре тонкий провод, а также с использованием электрогидравлического эффекта при электрическом разряде в воде.

5.10. ПЕРСПЕКТИВЫ ЗАМЕНЫ ТРОТИЛСОДЕРЖАЩИХ НА БЕСТРОТИЛОВЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВВ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

История развития взрывного дела в странах Запада и России показывает, что периодически происходит смена ассортимента применяемых в горном деле ПВВ: черный порох, динамиты, тротил, тротилсодержащие и гексогенсодержащие ВВ, бестротиловые — ANFO (АС-ДТ) и гранулиты (порошкообразные, прессованные и гранулированные). Последний этап — переход на водосодержащие сларри и акватолы, а затем эмульсионные (чистые эмульсии — эмулиты, порэмиты, сибириты) и смесевые с добавками в эмульсию 20—70 % ANFO (АС-ДТ), получившие название «эмуланы» и «гранэмиты». При этом с 1960-х годов на Западе и с 80-х годов в России все больший процент ПВВ стали изготавливать на горных предприятиях вблизи мест их применения для заряжания взрываемых блоков. Объем ВВ «местного» приготовления в западных странах составляет 70—80 % общего потребления, а в России 60—65 %, и этот процент продолжает расти.

Уход от гранулотола в России для взрывания обводненных скважин связан с увеличившейся в 100 раз его стоимостью (до 30 000 руб/т с учетом ж.-д. тарифа и НДС) и огромным количеством выделяемых при взрыве ядовитых газов (до 200 л/кг), что с увеличением глубины карьеров становится для предприятий непреодолимой проблемой по экологии.

При этом следует учесть, что во всех странах давно отказались от применения гранулотола и тротилсодержащих ВВ, и только Россия продолжает использовать тротил для ПВВ, ссылаясь на необходимость сохранения его выпуска для снаряжения боеприпасов. Не является секретом, что новые боеприпасы снаряжают уже не тротилом, а более мощными ВВ. Показано [1], что в ближайшем будущем тротил, как самостоятельное ВВ, а также его смеси с другими компонентами (аммониты, граммониты, граммотолы, акватолы и др.) должны будут прак-

тически полностью исключены из заводских поставок для горной промышленности. Примерно такие же выводы можно сделать из статьи [2].

Следует отметить, что для химических заводов, которые являются, как правило, градообразующими предприятиями, прекращение выпуска тротила и тротилсодержащих ВВ представляет достаточно сложную социально-экономическую проблему для больших коллективов трудящихся, а потому необходимо безотлагательно решать задачу на этих заводах заменой производства тротила на другие вещества, например, эмульсионные наливные или патронированные для взрывания на земной поверхности и в подземных условиях, которые более чем в 2 раза дешевле тротила и выделяют в 10 раз меньше ядовитых газов. В этом плане заслуживает внимания опыт ОАО «Знамя», на котором выпускают наливные эмульсионные ВВ, снаряжают на заводах в смесительные транспортно-зарядные машины и везут неактивированную эмульсию как на основной карьер, так и на другие, расположенные на расстоянии до 600 км, карьеры небольшой производственной мощности и по требованию заказчика заряжают ЭВВ блоки, подготовленные к взрыванию.

Таким образом, небольшие карьеры должны иметь у себя только хранилище для средств инициирования, а склады для ВВ и приемные железнодорожные тупики для выгрузки вагонов становятся ненужными.

Проведенный ранее Госгортехнадзором СССР анализ показал, что большая часть приемных ж.-д. тупиков на предприятиях, так же как и системы охраны небольших складов ВМ, не отвечают современным требованиям безопасности.

Определенные проблемы возникают при перевозке с заводов готовых ПВВ в специальных вагонах из-за необходимости обеспечения требований безопасности, а также условий погрузки и выгрузки мешков с ВВ. Следует обратить особое внимание на особенности использования эмульсионных ВВ. Практически наливные ЭВВ весьма мало отличаются между собой по энергетическим характеристикам. Для увеличения энергии и объемной теплоты взрыва широко применяют добавки в эмульсию 20—70 % ANFO (АС-ДТ) и в меньшей степени 4—6 % тонкодис-

персного алюминия или ферросилиция. Добавки последних компонентов применяют в основном для приготовления патронированных ЭВВ диаметром от 36 до 180 мм. При этом патронированные ЭВВ изготавливают с использованием полых стеклянных микросфер, перлитового песка и газогенерирующей добавки по специальной технологии. Есть определённые трудности для изготовления патронированных ЭВВ в части качества полых микросфер, качества пористой селитры по сравнению с лучшими зарубежными образцами [2, 3]. Заводам-производителям необходимо срочно улучшать качество сырьевых компонентов, которое бы соответствовало стандартам ISO 9001—9004 (США). Особенно существенного улучшения требуют отечественные эмульгаторы, значительно уступающие зарубежным (лубризол или СМО). В течение почти 20 лет наши химики не могут создать эмульгаторы, аналогичные по качеству зарубежным. Поэтому следует рассмотреть вопрос закупки для отечественных ЭВВ зарубежных эмульгаторов для значительного улучшения качества эмульсии и ЭВВ.

Но в целом оказывается, что наливными эмульсионными ВВ, отличающимися незначительно один от другого по взрывчатым характеристикам, можно взрывать и вскрышные породы угольных разрезов (Кузбасс, Якутия), и разные по крепости породы (ОАО «Ураласбест» и ОАО «Апатит»), и крепкие породы железорудных месторождений КМА и Кольского полуострова.

Регулирование степени дробления достигается за счет увеличения расчетных расходов ЭВВ в 1,2—1,3 раза по сравнению с заводскими гранулотолом и граммонитами 79/21, 50/50.

При этом большое увеличение расчетных расходов водосодержащих акватолов было связано с их растеканием по трещинам в массиве. Это, но в меньшей степени, имеет место и с применением ЭВВ. Для снижения утечек ЭВВ по трещинам увеличивают их вязкость или заряжают их в полиэтиленовые комбинированные рукава [4].

Успешно проводится взрывание патронированными эмульсолитами ОАО «Знамя» на многих золоторудных карьерах ЗАО «Полюс», «Эльдорадо» («Соврудник»), а также вскрышных пород ряда угольных разрезов.

На основе приведенных данных можно утверждать, что при правильной технологии заряжания и достижении требуемой вязкости ЭВВ, а также эффективных средств газогенерации эти ВВ пригодны для взрывания всего диапазона (по крепости) пород на отечественных карьерах, а эффективность одних ЭВВ относительно других исчисляется в процентах, и это необходимо уметь использовать производственникам, достигая наибольшей эффективности их использования.

При этом в породах невысокой крепости с $f = 6 \div 12$ по М.М. Протодьяконову вполне успешно применяются бестротиловые гранулированные ВВ.

Здесь необходимо отметить, что применение комбинированных зарядов гранулотол-АС-ДТ, когда вода поглощается межгранульным пространством гранулотола, менее пригодно для комбинированных зарядов ЭВВ-АС-ДТ. Это связано с тем, что ЭВВ полностью вытесняют воду и ее уровень в скважине повышается на длину заряда ЭВВ. Зарядка АС-ДТ может быть произведена только после опускания уровня воды до первоначального за счет дренажа по трещинам, что требует времени, а потому не всегда достижимо и нуждается в опытной проверке на каждом карьере и горизонте.

Опыт ОАО «Ураласбест» подтверждает особенность изменения ассортимента ВВ после перехода на промышленное применение порэмита. Применение гранулотола было сведено к нулю, а также фактически прекратилось применение АС-ДТ, объем использования которого совместно с гранулотолом достигал 10—12 тыс. т.

Таким образом, можно считать вполне обоснованным применение только эмульсионных и гранулированных бестротиловых ВВ для взрывных работ на земной поверхности. Для этого необходимо, кроме увеличения числа заводов, выпускающих качественную аммиачную селитру, рекомендовать всем пунктам крупных предприятий, а также химическим заводам, выпускающим эмульсию для производства ЭВВ, рассмотреть и обеспечить в своем регионе в радиусе 600—700 км поставку на карьеры и дорожные объекты в транспортно-зарядных машинах компонентов ЭВВ и заряжание блоков по заказам потребителей.

Ростехнадзору следует рассмотреть, совместно с заинтересованными экспертными организациями, необходимость строительства на территории России пунктов приготовления компонентов ЭВВ для полного регионального обеспечения горных объектов гранулированными бестротиловыми ВВ и ЭВВ. При этом в комплексе этих работ необходимо учитывать и работу 19 действующих пунктов по изготовлению гранулированных бестротиловых ВВ, радиус поставки ВВ из которых может быть также увеличен до 600—700 км. Можно рассмотреть вопрос о строительстве пунктов только для снаряжения транспортно-зарядных машин типа МЗ-3, МЗ-4Б, МДЗ-1 и более совершенных, вновь созданных для транспортировки в отдельных емкостях селитры и дизельного топлива и приготовление АС-ДТ на заряжаемом блоке. Это позволит исключить транспортировку тротилсодержащих ВВ по железным дорогам и перейти к доставке на пункты и заводы только аммиачной селитры в мягких контейнерах ёмкостью 800—1000 кг с полной механизацией погрузочно-разгрузочных работ от химического завода до зарядной машины.

Принятие такого решения позволит значительно повысить безопасность оборота промышленных ВВ гражданского назначения, снизить стоимость взрывных работ, упростить требования к приёмным площадкам на предприятиях для разгрузки аммиачной селитры из ж.-д. вагонов.

Кроме этого, можно рассмотреть и уточнить требования по безопасности к действующим (более 1000 единиц) складам ВМ, в хранилищах которых будет лежать только аммиачная селитра.

Для вновь строящихся горных предприятий на земной поверхности необходимо сразу предусматривать склады под аммиачную селитру и применение только бестротиловых ВВ.

Отдельно необходимо рассмотреть оборот и ассортимент ВВ для подземных рудников и угольных шахт, в том числе использующих предохранительные ВВ.

Рассматривая весь комплекс вопросов в масштабе России, можно считать его одним из национальных проектов государственного масштаба по значимости и важности для прогрессивного развития горно-добывающей промышленности страны и коренного изменения применяемого ассортимента ПВВ гражданского назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кутузов Б.Н., Корнеева Л.В.* Изменение ассортимента промышленных ВВ // Горный журнал. — 2005. — №1.

2. *Державец А.С., Дружинин В.Л., Колганов Е.В., Кутьин Н.Г., Феодоритов М.И.* Прогноз производства и потребления промышленных ВВ в России // Горный журнал. — 2006. — №5.

3. *Черемухина В.И., Илюхин В.С., Смышляева Н.А., Макогон Л.В., Лобаева Л.В.* Состояние разработанности и перспективы использования непредохранительных эмульсионных ВВ // Горный журнал. — 2006. — №5.

4. *Прокопенко В.С., Лотоус К.В.* Взрывание горных пород скважинными зарядами ВВ в рукавах. — Киев-Комсомольск, 2006.

6. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ИНИЦИИРОВАНИЯ ЗАРЯДОВ ВВ

6.1. ДЕТОНАТОРЫ

«Инициo» по-латыни означает «начинаю». Инициирующие взрывчатые вещества возбуждают взрыв. Это их единственная роль. Они не дробят (хотя обладают большой дробящей силой), не перемещают грунт и вообще не совершают видимой работы. Их задача — только начать взрыв от пламени, удара, трения. Для разрушения и перемещения горных пород и других объектов предназначены другие ВВ. Инициирующих ВВ нет в перечне промышленных взрывчатых веществ, потому что в виде «веществ» их не видит ни один взрывник. Сразу после изготовления их помещают маленькими порциями — от нескольких миллиграммов до нескольких граммов — в маленькие алюминиевые, медные или картонные стаканчики — капсюли-детонаторы, которые называют уже не как «вещества», а как «средства инициирования» (СИ). В стрелковом оружии схемы взрывания чаще всего основаны на ударном действии: боек ударяет по капсюлю, инициирующее вещество взрывается и воспламеняет порох в патроне или снаряде. В промышленных целях используют огневую, электрическую и неэлектрические (комбинированные) системы взрывания. Помимо детонаторов к СИ относят огнепроводный и детонирующий шнуры. Огнепроводный (бикфордов) шнур состоит из пороховой сердцевины и водоизолирующей оплетки. Один конец его вставляют в капсюль-детонатор, другой поджигают. Когда пламя достигает ВВ капсюля-детонатора, одна из искр обязательно вызывает взрыв инициирующего вещества.

Сердцевина детонирующего шнура состоит из тэна. Детонирующий шнур взрывается от детонатора с огромной скоростью ≈6000 м/с, т. е. практически мгновенно по всей длине. Поэтому им удобно взрывать несколько зарядов. Еще удобнее для этой цели электрическое взрывание. В электродетонаторах взрыв происходит от накаливания впаянной в них тонкой проволоки (мостика накаливания), концы которой соединены с электрической сетью. Достаточно нажать кнопку включателя сети или покрутить ручку электрической взрывной машинки, чтобы во взрывную сеть (цепь) подать ток определенной силы и произвести взрыв любой мощности. Впервые в мире электрическое взрывание применил наш соотечественник, изобретатель телеграфа, член-корреспондент Петербургской академии наук, участник Отечественной войны 1812 г. Павел Львович Шиллинг в 1812 г. Один из его современников, отмечая многочисленные заслуги П.Л. Шиллинга, писал: «...Кроме того, он выдумал способ в угодном расстоянии посредством электричества произвести искру для зажжения мин...» Детонаторы и их устройства, системы огневого и электрического взрывания — это отдельная сложная и обширная отрасль науки — технологии взрывного дела.

Инициирующие вещества требуют в обращении большой, осторожности и на любую небрежность отвечают взрывом. Некоторые из них достаточно пошевелить птичьим пером или даже просто обдать яркой вспышкой света, чтобы они мгновенно взорвались. Столь чувствительные вещества, боящиеся даже шевеления, нельзя, конечно, допускать к практическому применению. Созданы и другие соединения, которые сочетают высокую чувствительность с относительной безопасностью. Самым известным из них является гремучая ртуть.

Гремучие соединения золота, серебра и ртути известны очень давно. Например, гремучая ртуть изучалась Я. Левенштерном еще в XVII в., но потом она была забыта. Заново и окончательно ее открыл Эдуард Говард в 1799 г. и несколько месяцев спустя представил о ней подробный доклад Лондонскому Королевскому обществу. Обнаружив у нового соединения взрывчатые свойства, Говард решил применить его вместо пороха и испробовать его силу. Он выбрал прочное ружье из луч-

шей стали и зарядил его вместо пороха гремучей ртутью. Ружье было нацелено в толстый деревянный брус. Глубина, на которую заходит в него пуля при стрельбе обыкновенным порохом, была известна. Оставалось только сравнить... Раздался выстрел. Вернее, не выстрел, а взрыв, потому что ствол ружья разорвался. К счастью, никто не пострадал, но с тех пор стало ясно, что рекомендовать гремучую ртуть для стрельбы взамен пороха недопустимо. Поэтому интерес к ней надолго снизился. Много позже все же нашелся способ сравнения этих взрывчаток, и оказалось, что гремучая ртуть по своему дробящему действию превосходит порох примерно в пять раз. Однако это исследование имело чисто академический интерес: ведь гремучая ртуть не использовалась для дробления. Зато ей нашлась область применения во взрывном деле.

Пока монопольное положение занимал дымный порох, без инициирующих веществ можно было кое-как обходиться: порох довольно хорошо взрывался от искры или пламени сам, без помощников. В те времена пушки или ружья засыпались с дула порохом (вспомним у Лермонтова «Забил заряд я в пушку туго»), и заряд поджигался — в пушках фитилем, а в ружьях искрой от кремня. Это было неудобно, но терпимо. Однако с появлением новых взрывчатых веществ сразу возникли трудности. Даже «самовзрывающийся» нитроглицерин не хотел детонировать от воспламенения. Вот почему изобретение Нобелем гремучертутного капсюля-детонатора в 1863 г. имело такое большое значение. Без детонаторов динамит, пироксилин и все остальные взрывчатые вещества не могли найти применения в промышленности.

В военном деле взрыватели с гремучей ртутью появились еще в 1815 г. (несколько раньше их изобрел американец Шоу). В двадцатые годы позапрошлого столетия (Х1Хв.) капсюльные ружья производились уже во многих странах. В России гремучую ртуть впервые начали получать на Охтинском пороховом заводе. Первые русские капсюльные ружья появились только в 1840 г., но даже во время Крымской войны на вооружении русской армии все еще были по большей части кремниевые ружья. Капсюль — это маленькая лепешечка на дне патронной гильзы.

Лепешечка наполнена «ударным порохом» — смесью гремучей ртути, пороховой мякоти и бертолетовой соли (или селитры). При ударе о нее бойка происходит взрыв, воспламенение пороха в патроне и выстрел. Гремучая ртуть довольно ядовита. Однако главная опасность гремучей ртути, конечно, не в ядовитости, а чрезвычайной чувствительности, и долго еще после открытия Говарда не находилось смельчаков, которые бы взялись определить ее химический состав. Впервые это осуществил только Юстус Либих. Сын аптекаря увлекся взрывчатыми веществами еще задолго до того, как стал всемирно известным ученым. Легенда о том, как его школьный ранец взорвался на уроке во время чтения Гомера, вошла во все хрестоматии. Поэтому смело можно сказать, что исследования гремучей ртути и гремучего серебра он начал еще мальчишкой. Завершил их Либих тоже далеко не в старческом возрасте, всего двадцати лет, в Париже, под руководством Гей-Люссака, около 1824 года, и это исследование сразу взбудоражило весь ученый мир и навсегда вошло в историю химии. Сенсация заключалась не в самом установлении состава взрывчатых веществ — это было бы важно и интересно, но не больше. Дело в том, что, изучая гремучие соединения ртути и серебра, Либих открыл явление изомерии: два совершенно разных вещества — гремучее и циановокислое серебро — имели совершенно одинаковый состав! Изомерия (разное строение соединений одного состава) тогда не была еще известна, и ее существование казалось совершенно невероятным. Явление это не нашло достаточного объяснения, и исследования гремучих соединений продолжались. Тридцатью годами позже ученик Либиха Леон Николаевич Шишков, работая независимо от своего учителя, установил не только состав, но и структурную формулу гремучей ртути. Эта работа была представлена Французской академии наук. Известнейший химик того времени Жан Дюма, выступая на заседании академии 12 января 1857 г., сказал: «Исследования господина Шишкова доказали положительно, что формула гремучей ртути, предложенная Гей-Люссаком и Либихом и принимаемая ныне всеми химиками, ошибочна. Формула, предложенная господином Шишковым, объясняет все извест-

ные свойства гремучекислой ртути несравненно естественнее и проще». Добавим еще, что эти классические исследования выполнены Шишковым, когда ему было 25—26 лет. Умер он полвека спустя, в 1908 г. Академик В. Н. Ипатьев в некрологе на смерть Шишкова писал: «Принимая во внимание тогдашнее состояние органической химии и методы, которые служили для исследования строения органических соединений, надо, конечно, удивляться той талантливости, с которой было произведено это исследование. Эта работа сразу обратила на него внимание всего химического мира. Она была первой русской химической работой, которая была доложена в Парижской академии наук».

Строение гремучих солей окончательно было расшифровано только в 1890 г. Более строгое научное название гремучих соединений — фульминаты, что означает «молниевые». Многие десятилетия молниеподобные вспышки гремучей ртути воспламеняли заряды динамита и пороха, тротила и селитры, но в последние годы у нее появились конкуренты — азид свинца и тенерес. Пожалуй, азид свинца — теперь основное инициирующее вещество. Во многих отношениях это соединение весьма примечательно. Оно — чуть ли не единственное из применяемых на практике взрывчатых веществ — не содержит кислорода, это не мешает ему взрываться. Если белый кристаллик азида свинца положить на стеклянную пластинку и попытаться поджечь, то, прежде чем мы успеваем что-либо сообразить, раздастся легкий хлопок, и в стекле внезапно появится маленькое отверстие. Все происходит настолько быстро, что вокруг отверстия не образуется даже трещин. В отличие от гремучей ртути азид свинца не боится влаги, в чем, несомненно, его большое достоинство. Давая мощный взрыв, он заставляет детонировать основной заряд ВВ. Гремучая же ртуть не всегда способна увлечь за собой вторичное взрывчатое вещество, например тротил, и требует промежуточного детонатора. Применение азида свинца в нашей стране стало возможным после того, как советский ученый А.А. Солонина в 1926 г. детально изучил его свойства. Азид свинца не столь чувствителен к внешним воздействиям, как гремучая ртуть, обладает меньшей чувствительностью к пламени, а пото-

му ему всегда придается помощник — тринитрорезорцинат свинца. Это сложное название нетрудно выговорить только химику, поэтому обычно его обозначают только «инициалами» — ТНРС, или тенерес. У тенереса есть и другое, более короткое, но не более понятное название — стифнат свинца. Сам по себе тенерес тоже инициирующее ВВ, однако его детонирующая способность слишком мала, чтобы вызвать взрыв основного заряда. Поэтому отдельно от других инициаторов этот темно-желтый порошок редко употребляется. Зато у тенереса есть важное достоинство — он очень чувствителен к пламени. Вот почему в капсюли-детонаторы поверх азида свинца запрессовывается навеска тенереса. Это обеспечивает безотказность воспламенения детонатора. Тенерес впервые был получен в 1914 г.

Помимо гремучей ртути, азида свинца и тенереса, существуют и другие инициирующие вещества, но применяются они довольно редко.

Развитие средств инициирования происходило одновременно с развитием боеприпасов.

В Европе, начиная с первых образцов стрелкового оружия и до начала XIX в., т. е. в течение 500 лет, огонь сообщали пороху через «затравку». Оружие имело запальное отверстие, которое расширялось наружу и заканчивалось полкой для затравочного пороха. Вначале затравочный порох воспламеняли с помощью кусочков тлеющего угля, в дальнейшем — раскаленным прутом, еще позже — с помощью фитиля. С XVI в. появляются искровые замки, из которых наиболее совершенным был кремневый замок, введенный в русских войсках Петром I в 1701 г. и служивший в военном оружии около 150 лет до Крымской войны включительно.

С конца XVIII в. были начаты изыскания более совершенного способа воспламенения порохового заряда в оружии.

Возможность решения этой задачи была подготовлена предшествовавшим развитием химии, в частности, открытием бертолетовой соли (хлорат калия). Спустя несколько лет после открытия этой соли шотландец Форсайт предложил хлоратные смеси, легко взрывающиеся при ударе и дающие луч пламени, достаточный для воспламенения пороха. Из таких смесей, полу-

чивших название ударных составов, готовили шарики величиной с горошину, зерна или лепешки, которые затем покрывали воском. Был изобретен специальный замок, курок которого имел боек, ударявший в затравочное углубление, куда помещали взрывчатую лепешку или шарик.

В 1815 г. английский оружейник Игг предложил запрессовать ударный состав в металлическую оболочку- колпачок, так был изобретен капсюль-воспламенитель.

Производство капсюлей-воспламенителей, с применением гремучей ртути в ударных составах, началось в России с 1843 г. на Охтинском пороховом заводе.

В течение длительного периода из пушек стреляли ядрами, и только начиная с конца XVII и начала XVIII вв. появились разрывные шаровые снаряды, снаряженные порохом и снабженные деревянной дистанционной трубкой, набитой порохом.

Перевооружение артиллерии нарезными стволами привело к разработке новых типов снарядов (цилиндрических) с ударными и дистанционными трубками, в которых применялись капсюли-воспламенители.

Для возбуждения детонации снарядов с бризантными взрывчатыми веществами был применен гремучертутный капсюль-детонатор. В 1900 г. были предложены комбинированные капсюли-детонаторы, в которых до 3/4 гремучертутного заряда было заменено тротилом или тетрилом, что обезопасило изготовление и применение капсюлей-детонаторов и увеличило их инициирующую способность.

В 1906 г. было предложено применить азид свинца взамен гремучей ртути, что еще больше увеличило инициирующую силу капсюля-детонатора.

Дальнейшее увеличение мощности было достигнуто заменой тротила в комбинированных капсюлях-детонаторах тетрилом, а позже тэном и гексогеном.

В совершенствовании азидных капсюлей-детонаторов большое значение имели работы А. А. Солонины, который подробно изучил способы получения и свойства азида, а также тринитрорезорцината свинца (ТНРС) и разработал способы их применения в капсюлях-детонаторах.

С. П. Вуколов и Р. В. Мусселиус еще во время первой мировой войны разработали несколько образцов азидных капсюлей-детонаторов для взрывателей к морским минам. В развитии капсюлей большую роль сыграли работы наших талантливых конструкторов Е. Г. Гронова, А. А. Дзержковича, В. И. Рдултовского, А. К. Юрвелина и др.

6.2. СРЕДСТВА ВОСПЛАМЕНЕНИЯ

Средствами воспламенения называют изделия, действующие от простого начального импульса и служащие для воспламенения пороховых зарядов.

Средства воспламенения для создания теплового начального импульса (луча пламени) можно подразделить на:

а) капсюли-воспламенители;

б) электровоспламенители, электрокапсюли, пиропатроны;

в) огнепроводы: огнепроводный шнур, стопин, тлеющий воспламенительный фитиль;

г) воспламенители пиротехнических средств.

По назначению капсюли-воспламенители делятся на два вида:

1) патронированные капсюли-воспламенители, применяемые для воспламенения порохового заряда в патронах (стрелкового оружия и некоторых артиллерийских орудий малого калибра);

2) трубочные капсюли-воспламенители, применяемые для воспламенения усилителей, замедлителей и капсюлей-детонаторов в трубках и взрывателях различного рода боеприпасов.

По характеру службы трубочные капсюли-воспламенители делят на дистанционные — действующие в момент выстрела (в дистанционных трубках и дистанционных взрывателях), и ударные — приводящие в действие взрыватель в момент встречи снаряда с преградой.

По роду начального импульса различают капсюли-воспламенители:

а) ударного действия (патронные);

б) накольного действия (трубочные);

в) электрические капсюли-воспламенители (патронные).

6.3. СРЕДСТВА ДЕТОНИРОВАНИЯ

Капсюли-детонаторы — изделия, состоящие из гильзы с запрессованным в нее зарядом инициирующего ВВ. Некоторые заряды ВВ (например, литой тротил) не детонируют от капсюля-детонатора. Для того чтобы взорвать заряды из подобных ВВ, применяют капсюль-детонатор в соединении с дополнительным зарядом вторичного ВВ (тэна, гексогена, тротила), который называется промежуточным детонатором.

Капсюли-детонаторы подразделяют по следующим категориям.

1. По назначению:

а) капсюли-детонаторы артиллерийские (применяемые в боеприпасах);

б) капсюли-детонаторы для взрывных работ.

2. По способу приведения в действие:

а) капсюли-детонаторы накольного действия, инициируемые наколом жала (применяются во взрывателях для авиабомб и некоторых артиллерийских снарядов);

б) капсюли-детонаторы лучевого действия, инициируемые лучом огня от капсюля-воспламенителя, порохового замедлителя, огнепроводного шнура и электровоспламенителя. Такие капсюли применяют для взрывных работ и в большинстве артиллерийских взрывателей.

Различают простые и комбинированные капсюли-детонаторы.

Простыми называют такие, которые снаряжены только инициирующими взрывчатыми веществами, например, гремучей ртутью (также ее смесью с 7—10 % бертолетовой соли) или азидом свинца с запрессовкой поверх него накольного состава.

Комбинированными называют капсюли-детонаторы, заряд которых состоит из инициирующего бризантного взрывчатого вещества. Комбинированные капсюли обладают более сильным инициирующим действием.

К капсюлям-детонаторам предъявляют следующие основные требования:

а) безотказность действия от соответствующего вида начального импульса (луча пламени, накола жалом);

б) достаточная инициирующая способность, обеспечивающая нормальную детонацию заряда бризантного ВВ или промежуточного детонатора, для которого предназначен капсюль-детонатор;

в) безопасность в обращении;

г) стойкость к изменениям температуры и влажности.

К артиллерийским капсюлям, кроме того, предъявляют требование по стойкости к сотрясениям при выстреле и ударе о преграду.

Оболочка имеет форму гильзы, т.е. трубочки, закрытой с одного конца. Детонирующее действие зависит не только от массы заряда взрывчатого вещества, но и от его формы; максимальное действие получается в осевом направлении и зависит от соотношения длины заряда к диаметру. При выборе материала оболочки учитывают возможность ее химического взаимодействия со взрывчатым веществом или компонентами состава, так же как и для капсюлей-воспламенителей.

Электродетонаторы во всех случаях представляют собой обычный капсюль-детонатор № 8А, со вставленным в его гильзу электровоспламенителем.

Электродетонаторы для военных целей — с платиноиридиевым мостиком, капсюлем-детонатором № 8А и медными проводами в пластмассовой изоляции, имеют наименование ЭДП.

Некоторые электродетонаторы изготавливают с металлической или пластмассовой муфточкой, имеющей наружную резьбу для прочного крепления электродетонатора в табельных штатных шашках и зарядах, в капсюльных гнездах которых имеется втулка с внутренней резьбой. Такой электродетонатор называется ЭДП-р.

Электродетонаторы для горного дела — с нихромовым мостиком и капсюлем-детонатором № 8М или № 8С носят названия ЭД-8-Э или ЭД-8-Ж и отличаются друг от друга только способом крепления мостика накаливания.

Электродетонаторы взрываются в течение нескольких миллисекунд с момента включения тока и называются электродетонаторами мгновенного действия.

Кроме электродетонаторов мгновенного действия применяют также замедленного и короткозамедленного действия. Взрыв их происходит не мгновенно после включения тока, а через некоторое время, определяемое введенным в электродетонатор замедлителем, который в виде прессованного столбика размещается в чашечке капсюля-детонатора над инициирующим ВВ.

Мостики накаливания в таких электродетонаторах выполнены из нихрома.

6.4. ИНИЦИИРУЮЩИЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ СОСТАВЫ

Детонирующие взрывчатые составы служат для снаряжения средств инициирования — капсюлей-детонаторов.

Для снаряжения капсюлей-детонаторов долгое время употребляли почти одну гремучую ртуть. Капсюли-детонаторы с зарядом гремучей ртути как в чистом виде, так и в составах (например, в смесях с хлоратом калия, применявшиеся в Германии) дают начальный инициирующий импульс часто недостаточно мощный, особенно в случаях необходимости детонации зарядов из маловосприимчивых взрывчатых веществ пониженной мощности, таких как аммониты. Проблема мощного инициирующего взрывчатого вещества была почти полностью решена применением в качестве инициатора открытой Курциусом в 1891 г. свинцовой соли азотистоводородной кислоты азида свинца — очень мощного инициирующего взрывчатого вещества.

Почти одновременно с азидом свинца начинает применяться также тринитрорезорцинат свинца (ТНРС), в качестве добавки к азиду свинца, которая обеспечивает безотказность действия азидных капсюлей-детонаторов, т.к. сам азид свинца недостаточно чувствителен к воспламенению от луча пламени.

6.5. ОГНЕПРОВОДНЫЕ СРЕДСТВА

Огнепроводный шнур представляет собой медленно горящий огнепровод, сердцевина которого состоит из плотно спрессованных зерен дымного пороха, а оболочка — из льняных или хлопчатобумажных нитей и влагоизолирующего состава. В настоящее время выпускают шнур в пластикатовой оболочке.

Оболочка предохраняет сердцевину от механических повреждений. Шнуры предназначены для инициирования капсюлей-детонаторов и зарядов дымного пороха, а также в качестве дистанционного элемента (замедлителя) в некоторых боеприпасах (ручные гранаты, пиротехнические средства и др.).

Изготовление огнепроводного шнура заключается в том, что мелкий дымный порох (специальная марка — «шнуровой»), высыпающийся тонкой струей из воронки, быстро оплетается несколькими нитями. Порох увлекается из воронки направляющей хлопчатобумажной нитью, при этом достигается равномерное распределение и уплотнение пороха, обеспечивающее медленное и равномерное горение шнура. Процесс изготовления шнура идет непрерывно. Обычно шнур выпускают отрезками (бухтами) длиной по 10 м.

Шнуровой порох, применяемый для изготовления огнепроводного шнура, имеет следующий состав: 80 % калиевой селитры, 10 % серы и 10 % угля. В 1г этого пороха должно содержаться от 4000 до 7000 зерен. Скорость горения в огнепроводном шнуре 1 см/с.

При горении дымного пороха селитра играет роль окислителя, уголь — горючего, сера — цементатора; кроме того, сера понижает гигроскопичность и облегчает воспламенение, т.к. температура ее воспламенения ниже, чем угля.

В зависимости от типа оболочки различают три марки огнепроводного шнура:

1) ОШП — с оболочкой из пластиката — белого цвета (пластифицированный полихлорвинил);

2) ОША — темно-серого цвета с асфальтированной оболочкой;

3) ОШДА — темно-серого цвета с двойной асфальтированной оболочкой.

Для зажигания огнепроводного шнура при взрывных работах может быть применен тлеющий зажигательный фитиль. Сердцевина фитиля состоит из льняных или хлопчатобумажных нитей, пропитанных раствором калиевой селитры, а наружная оплетка — из крученой пряжи. Время горения (тления) отрезка фитиля длиной 25 см на воздухе составляет 25—50 мин в случае использования льняной сердцевины и 37—62 мин при использовании сердцевины из хлопчатобумажных нитей.

Стопин (итальянское stoppuno, от stopa — пакля) — огнепроводный шнур, используемый для передачи огня в пиротехнических изделиях. Скорость горения стопина на открытом воздухе 0,03—0,05 м/с.

Стопин состоит из нескольких хлопчатобумажных, реже льняных или пеньковых нитей, пропитанных раствором калиевой селитры и обмазанных тестообразной массой, которая представляет собой тонкоизмельченные и тщательно смешанные компоненты незерненного дымного пороха (пороховой мякоти) и раствора гуммиарабика. После обмазки стопин опудривают сухой пороховой мякотью и медленно сушат.

Нить стопина длиной 1 м должна гореть на воздухе около 50 с (3—5 см/с). Стопин служит для воспламенения пиротехнических составов и передачи огня в некоторых боеприпасах.

6.6. ДЕТОНИРУЮЩИЕ ШНУРЫ

Детонирующий шнур предназначен для быстрой передачи детонации при одновременном взрыве серии зарядов ВВ. По конструкции детонирующий шнур подобен огнепроводному, отличается от него сердцевиной, состоящей из бризантного ВВ.

Наиболее распространены детонирующие шнуры следующих марок: ДШ-А, ДШ-Э и ДШ-В. Оболочку шнура марок ДШ-А и ДШ-В пропитывают водоизолирующей мастикой, а шнур ДШ-Э покрывают полихлорвиниловым пластикатом. Шнуры всех марок водовлагоустойчивы, а шнур ДШ-Э можно применять при подводных работах на большой глубине.

Сердцевина детонирующего шнура состоит из кристаллического или гранулированного тэна и двух направляющих хлопчатобумажных нитей. В качестве детонирующего состава применяют также смесь из 97—90 % тэна и 3—10 % нитрата свинца, с добавкой ОД — 0,2 % свинцового сурика; в одном погонном метре содержится от 12—13 г ВВ. Диаметр детонирующего шнура всех марок 4,8—6,1 мм. Выпускается в бухтах длиной 50—200 м.

Скорость детонации шнура составляет не менее 6500 м/с. При зажигании шнура открытым пламенем он не должен давать вспышек и его горение не должно переходить в детонацию. Шну-

ры марок ДШ-А и ДШ-В не должны детонировать и воспламеняться при прямом попадании в них винтовочных пуль. При поджигании открытым пламенем шнур загорается с трудом и горит спокойно, зажигать отрезки длиной свыше 10 см не рекомендуется, т. к. в этом случае горение может перейти в детонацию.

6.7. СИСТЕМЫ ВЗРЫВАНИЯ С УДАРНО-ВОЛНОВЫМИ ТРУБКАМИ

С 1972 г. за рубежом получил распространение новый вид средств доставки инициирующего импульса — ударно-волновая трубка (УВТ), в 1973 г. она была запатентована в России шведской фирмой «Нитро Нобель», как неэлектрическая система взрывания («Нонель»).

С изобретением Нонель взрывники получили замену электрическому детонатору без присущих ему недостатков. Нонель не восприимчив к любой электрической опасности и может применяться там, где по этим соображениям электровзрывание запрещено. Детонатор Нонель функционирует как детонатор с замедлением, но провода заменены пластиковой трубкой, через которую ударной волной инициируется замедлительный элемент детонатора. Пластиковая трубка с наружным диаметром 3 мм, покрытая изнутри тонким слоем реагирующего материала (смесь октогена с алюминиевой пудрой), создает процесс, распространяющийся по трубке со скоростью 2 км/с. Пластиковая трубка при этом не разрушается.

К промышленному освоению подобных систем в России приступили с 1994 г. Примером российской УВТ является система СИНВ, выпускаемая механическим заводом «Искра», ОАО «Нитро-Взрыв», и «Эдилин», выпускаемая Муромским приборостроительным заводом.

Система СИНВ — это неэлектрическая система взрывания повышенной эффективности и безопасности на основе ударно-волновой трубки (УВТ) и капсюлей-детонаторов (КД), не содержащих первичных инициирующих ВВ. Система СИНВ выпускается в двух вариантах:

- для взрывных работ на земной поверхности (содержит устройства, инициирующие с замедлением поверхностные

СИНВ-П, и устройства, инициирующие с замедлением скважинные заряды СИНВ-С);

- для взрывных работ в подземных рудниках и угольных шахтах, где допущено применение непредохранительных ВВ II класса (содержит устройства, инициирующие с замедлением шпуровые заряды СИНВ-Ш).

Системы СИНВ-П, СИНВ-С и СИНВ-Ш представляют собой отрезок ударно-волновой трубки, герметично соединенный методом обжимки через эластичное уплотнение (резиновую втулку) с капсюлем-детонатором мгновенного или замедленного действия. В канале УВТ в зоне обжимки установлена стальная трубка, предохраняющая канал от перекрытия при обжимке и при температурном воздействии. В состав устройства СИНВ-П, кроме того, входит монтажный элемент — фиксатор, закрепленный на КД. Свободный конец отрезка УВТ заварен.

УВТ является инициируемым элементом устройства СИНВ и служит для трансляции инициирующего импульса к КД. Капсюль-детонатор предназначен для мгновенного или замедленного инициирования элементов взрывной сети. КД устройств СИНВ-П имеют пониженную мощность и инициируют УВТ других устройств (СИНВ-П, СИНВ-С, СИНВ-Ш). КД устройств СИНВ-С и СИНВ-Ш имеют повышенную мощность и инициируют шашки, взрывные патроны т. п.

Ударно-волновая трубка (УВТ) представляет собой гибкую пластиковую трубку, состоящую из нескольких (трех или двух) слоев, на внутреннюю поверхность которой нанесен порошкообразный взрывчатый материал. Изготавливается из специальных сортов пластмасс (сарлин), выдерживающих высокие механические и тепловые нагрузки, устойчивых к воздействию агрессивных сред, солнечной радиации и обладающих хорошими адгезионными свойствами относительно взрывчатого материала, применяемого в УВТ. Инициирование УВТ приводит к образованию устойчивого процесса, подобного взрыву пылевоздушной смеси, распространяющегося внутри трубки со скоростью около 2 км/с. Давление в потоке продуктов взрывного процесса не превышает 5 МПа, что достаточно только для инициирования специального КД. Поэтому УВТ служит только для трансляции инициирующего импульса к КД.

Боковое энерговыделение у УВТ отсутствует, а потому целостность трубки при срабатывании сохраняется.

УВТ выпускается в двух исполнениях:

- красного цвета — для устройств СИНВ-П;
- желтого цвета — для устройств СИНВ-С, СИНВ-Ш.

Наружный диаметр УВТ составляет 3,5 мм, масса взрывчатого материала 20 мг/м. Усилие на разрыв не менее 200 Н, относительное удлинение с сохранением работоспособности при температуре от 10—35°С не менее 200 %.

Капсюль-детонатор, используемый в системе СИНВ, состоит из гильзы, внутри которой находятся основной заряд из бризантного взрывчатого вещества и стальной колпачок, содержащий замедляющий и инициирующий заряды. В КД мгновенного действия — замедляющий и зажигательный заряд, в колпачке имеется чашечка с отверстием, разделяющая комбинированный замедляющий состав и заряд на две части.

Примененный в КД зажигательный заряд обладает высокой чувствительностью к инициирующему импульсу УВТ.

Инициирующий заряд выполнен без использования инициирующих ВВ, его функционирование основано на процессе перехода горения в детонацию.

Использование неэлектрических систем взрывания типа Нонель, Эдилин, СИНВ имеет следующие достоинства:

- эффективное использование «донного» инициирования скважинных зарядов, в том числе высокочувствительных, так как проводник сигнала, используемый в системе (УВТ), не имеет бокового энерговыделения и не оказывает отрицательного воздействия на окружающий его скважинный заряд, а также большее замедление (450—500 мс по сравнению с поверхностной системой 25—75 мс);
- исключение возможности «обратного» инициирования, т.е. передачи инициирующего сигнала во взрывную сеть при несанкционированном взрыве скважинного заряда;
- высокая стойкость к механическим воздействиям, обеспечиваемая исключением из состава элементов системы инициирующих взрывчатых веществ;
- нечувствительность к электрическим и электромагнитным воздействиям;

- низкий сейсмический эффект, обусловленный незначительной массой взрывчатого материала в УВТ и разновременностью срабатывания скважинных или шпуровых зарядов.

В целом система СИНВ обеспечивает существенное повышение эффективности и безопасности взрывных работ.

6.8. КРАТКИЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОВЗРЫВАНИИ

Основополагающий вклад в изобретение электрических средств взрывания (СВ), в становление и развитие электрического способа взрывания внесли, наряду с зарубежными, ученые и инженеры России: В.В. Петров, П.Л. Шиллинг, Б.С. Якоби, К.А. Шильдер и многие другие. Ниже кратко изложены основные этапы развития электрического способа взрывания*.

Даты некоторых событий указаны приближенно. В конце описания каждой разработки в скобках указан ее автор (если он известен).

1745 г. Воспламенение черного пороха с помощью электрической искры (доктор Ватсон из Английского Королевского общества).

1811—1812 гг. Изобретение электрического способа взрывания, при помощи которого впервые в мире осуществлено электровзрывание пороховых зарядов на суше и под водой. Для этого были разработаны угольковый запал, изолированный провод, пригодный для наземных и подводных условий, а также вольтов столб особой конструкции, удобный для обслуживания и перемещения (чл.-корр. Российской АН П.Л. Шиллинг).

1830—1832 гг. Усовершенствование метода электрического взрывания путем пропускания тока от мощной батареи через маленький проволочный мостик (доктор Робер Херэ, США).

1832—1835 гг. Применение русскими войсками электровоспламенения больших зарядов, подводных электрических мин, а также электровзрывания мостов.

1838—1839 гг. Разработка электрозапала с мостиком накаливания с последующим повышением надежности его действия

---

* Материал заимствован из книги *М.М. Граевского* «Справочник по электрическому взрыванию зарядов ВВ». — М.: Рандеву-АМ, 2000.

путем приклейки к середине мостика легковоспламеняющегося вещества, а также разработка мокрой платино-цинковой гальванической батареи, сконструированной для использования в полевых условиях (акад. Б.С. Якоби, Россия).

1840 г. Создание особой учебной команды (при саперном батальоне), в которой лекции по гальванизму читал акад. Б.С. Якоби и которая была первой в мире школой, положившей начало электротехническому образованию в России (за рубежом такие школы — телеграфные училища — возникли на 20 лет позже).

1842 г. Создание первой магнитоэлектрической взрывной машинки (магнитоэлектрической батареи) массой 62 кг, дававшей пульсирующий ток, имевшей в своем составе повышающий трансформатор («индукционный каток»), предназначенный для воспламенения угольковых запалов (акад. Б.С. Якоби). Подобная машинка за рубежом была создана 20 лет спустя (В. Сименс, Германия).

1852 г. Создание пробкового запала, постепенно вытеснившего угольковые запалы (поручик Д.К. Зацепин, Россия).

1856 г. Создание первого в мире прибора для дистанционного управления групповыми взрывами (К.К. Константинов, Россия). Разработка полевого электроизмерительного прибора для измерения сопротивления запалов и электровзрывных сетей (капитан Н.М. Сокольский, Россия).

1864—1867 гг. Усовершенствование метода инициирования нитроглицерина путем использования безопасно инициируемых запалов из черного пороха и позднее — капсюлей с гремучей ртутью — первых коммерческих детонаторов (Альфред Нобель, Швеция).

1865 г. Создание первого в мире электродетонатора (с мостиком накаливания, зарядом черного пороха и сферическим углублением в бумажном дне, в котором, хотя и не преднамеренно, использован кумулятивный эффект (капитан Д.И. Андриевский, Россия).

1875 г. Создание динамоэлектрической взрывной машинки массой 24 кг с генератором постоянного тока последовательного возбуждения и включающим контактным механизмом (В. Сименс, Германия)

1895 г. Выдача первого патента на электродетонатор с замедлением (П.Ю. Смит, США).

1900 г. Начало систематического использования ЭД на горных предприятиях Западной Европы.

1913 г. Создание ЭД с замедлением, у которого электрозапал, замедляющий элемент — огнепроводный шнур (ОШ) и капсюль-детонатор были объединены в одной оболочке (Мюннинг, Германия).

1921 г. Создание «газового» ЭД с 10 ступенями замедления через 0,5 с, в котором ОШ заменен латунной пробкой с замедляющим составом (Германия).

1926 г. Замена фирмой «Дюпон» в своих ЭД гремучей ртути на тетрил в качестве основного заряда (США).

1930-е гг. Замена гремучей ртути в зажигательном и первичном зарядах на различные более стабильные (устойчивые) составы (США). Создание «безгазового» ЭД, у которого замедляющий состав при горении не выделял газы, что позволило исключить отверстия в гильзе и герметизировать ЭД путем обжима дульца гильзы свинцом (Германия).

1930—1935 гг. Выдвижение советскими специалистами идеи и проведение первых в мире опытов по короткозамедленному взрыванию при проходке стволов путем использования миллисекундного коммутатора конструкции инженера Б.Ю. Малера (производственное экспериментальное управление (ПЭУ Союзвзрывпрома).

1931—1932 гг. Создание отечественных динамоэлектрических взрывных машинок: 1) постоянного тока типа ПМ–1 (с пружинным приводом и автоматическим включателем), способных взрывать 100 последовательно соединенных ЭД; 2) резко пульсирующего тока ПМ–2 (с ручным приводом, автоматическим включателем), рассчитанных на 25 последовательно соединенных ЭД.

1932 г. Выдвижение идеи об использовании разряда конденсатора для инициирования электродетонаторов (К. Дрекопф, Германия).

1933—1936 гг. Разработка основ теории электровоспламенения с выводом формул для определения импульсов и температуры воспламенения, гарантийного тока и др. (К. Дрекопф, Германия).

1935 г. Создание отечественного омметра карманного типа М–57Д (ОК), применявшегося при электровзрывании. Создание отечественного «безгазового» ЭД замедленного действия конструкции Любимова с капельной головкой электровоспламенителя и жестким креплением мостика (его припаивали к луженым полоскам, между которыми помещалась картонная прокладка).

1939 г. Применение нейлоновой изоляции для взрывных проводов и резиновой пробки для герметизации ЭД (фирма «Дюпон», США). Создание прибора для взрывания от сети переменного тока.

1940 г. Замена тетрила тэном в качестве основного заряда ЭД (США).

1940—1941 гг. Разработка взрывобезопасных сетевых приборов ПСВ–2 (КузНИУИ) для взрывания от сети 127/220 В и ПВР–1 (Ю.М. Рибас, МакНИИ) — от сети 220—380 В.

1942 г. Создание первой конденсаторной взрывной машинки ПМК–100 (А.И. Лурье, СССР). В ФРГ такая машинка создана в 1952 г. (2ЕВ/А 80 К/С фирмы «Эрнст Брюн»), а широкое распространение она получила с 1958 г.

1944 г. Создание специального провода для взрывных сетей — саперного провода СП–2 с двумя многопроволочными жилами с самостоятельной резиновой изоляцией и общей хлопчатобумажной оплеткой (СССР).

1934—1948 гг. Решение многих сложных вопросов электровзрывания (например, выявление причин неоднородности и улучшение параметров ЭВ, определение причин отказов и преждевременных взрывов ЭД, установление безотказной силы тока и др.) путем проведения исследований отечественными (Е.В. Антулаев, В.С. Бондаревский, В.К. Заварихин, А.А. Лацинский, Н.А. Лебедев, А.И. Лурье, М.И. Озерной, Г.А. Поминальник, И.М. Рошаль, П.М. Радевич, Б.М. Степанов, Б.А. Эпов и др.) и зарубежными (К. Дрекопф, А. Брейер, Ф. Гизе, И. Фриппиа, Г. Фрицше, И. Кота, Г. Хенкок, В. Тейлор, Е. Джонс, Х. Стаут, К. Холл и др.) специалистами.

1948 г. Внедрение в США конденсаторных взрывных машинок, являющихся более надежными и безопасными источниками электроэнергии по сравнению с машинками генераторного типа. Разработка и выпуск отечественных конденсаторных машинок КПМ–1 и КПМ–2, рассчитанных на подрыв соответственно 100 и

300 ЭД на открытых разработках и в условиях, не опасных по газу и пыли, а также машинки ВМК–3/50 для шахт, опасных по газу или пыли (Ф.Ф. Калинин, Д.А. Гершгал, А.С. Радунский).

1947—1950 гг. Разработка электровоспламенителя с жестким креплением мостика путем его приштамповки (фирма «Шаффлер», Австрия). Выпуск динамоэлектрических машинок ПМ–3 и ПМ–3Г (соответственно для шахт, не опасных и опасных по газу и пыли) взамен машинок ПМ–2 для взрывания ЭД весьма низкой чувствительности к току (типа HU) при их последовательном соединении (фирма «Эрнст Брюн», Германия).

1952 г. Выпуск линейного моста ЛМ–48 (Р–343), предназначенного для измерения сопротивления одиночных ЭД и электровзрывных сетей.

Проведение первых экспериментов по беспроводному электровзрыванию в горном деле (А.Ф. Вайполин).

1956 г. Разработка термостойкого электродетонатора ТЭД (СССР).

1958 г. Создание взрывного испытателя, в котором впервые в мире в качестве источника электроэнергии использован фотоэлемент, что обеспечивает безопасность контроля целости взрывной цепи в забое (Я.Х. Эстеров, а. с. № 123441, Б.И. № 20, 1959).

1955—1959 гг. Разработка и выпуск конденсаторных взрывных машинок ZEB/C 3000/40, ZEB/C 3000/100, ZEB/HU 80, ZEB/HU 160 для взрывания ЭД весьма низкой чувствительности к току (типа HU) при их последовательном соединении (фирма «Эрнст Брюн», Германия).

1959—1960 гг. Создание ЭД пониженной чувствительности к блуждающим токам типа U для шахт, не опасных по газу и пыли (для газоопасных шахт — в 1964 г.) и весьма низкой чувствительности (грозоупорных) типа HU (фирма «Динамит Нобель», Германия) и типа «Полекс» (фирма «Шаффлер», Австрия). Выпуск ряда отечественных взрывных машинок и приборов на базе машинки ВМК–3/50, но отличающихся от нее малогабаритными индукторами и миллисекундным переключателем (машинки ВМК–1/35, ВМК–1/100П); выпуск аккумуляторных взрывных машинок с полупроводниковым преобразователем напряжения ВМА–50/100, ВМА–100/200 (Томский электромехани-

ческий завод им. В.В. Вахрушева), батарейных взрывных машинок БКВМ–1/30, БКВМ–1/50, а также взрывного прибора КВП–1/100м с преобразователем напряжения (институт Гипроуглеавтоматизация); выпуск сейсмической взрывной машинки СВМ–1. За исключением СВМ–1 все остальные взрывные машинки и приборы предназначены для шахт, опасных по газу или пыли.

1963 г. Разработка предохранительных ЭД: мгновенного действия нормальной (ЭД–8–П) и повышенной (ЭД–8–ПМ) мощности, а также короткозамедленного действия повышенной мощности (ЭДКЗ–ПМ).

1963—1964 гг. Создание конденсаторного взрывного прибора ПИВ–100м массой 2,7 кг со встроенным омметром (институт Гипроуглеавтоматизация, МакНИИ, завод «Электроточприбор», а.с. №186318, Б.И. № 18, 1966, И.Э. Биринберг, Л.И. Гавриленко, А.Н. Давыдов и др.).

1965 г. Создание термостойкого электродетонатора ТЭД–260 (СССР).

1965—1967 гг. Выпуск конденсаторной машинки ВМК–500 массой 6,5 кг для взрывания 800 последовательно соединенных ЭД нормальной чувствительности.

1966—1968 гг. Выпуск ЭД короткозамедленного и замедленного действия ЭДКЗ и ЭДЗД (СССР).

1976—1977 гг. Разработка австралийской компанией «АйСиАй» (ГС1) первых образцов электронных электродетонаторов; в 1957 г. они были изготовлены в достаточном количестве для проведения испытаний в производственных условиях. В качестве замедляющего элемента в этих ЭД используются конденсатор и электронная микросхема. Электронные ЭД позволяют получить очень точные выдержки времени с точностью до 1 мкс и интервалами от 2 до 100 мс. При 60 ступенях замедления это позволяет задать любому ЭД время замедления в пределах от 2 до 6000 мс. Аналогичная электронная взрывная система фирмы «Динамит Нобель» (Германия) описана в 1988 г. и более совершенная — в 1996 г.

1977 г. Выпуск пиропатронов ППТ–230.

1980 г. Выпуск новых ЭД повышенной безопасности типа МАГНАДЕТ (компания «Нобель Експлоусивз», Великобритания),

обеспечивающих безопасное взрывание при наличии блуждающих токов и токов наводки. Это достигается за счет специальных миниатюрных трансформаторов с ферритовым сердечником, устанавливаемых между линией и мостиком электровоспламенителя на каждом ЭД, причем трансформаторный узел защиты, опрессованный пластмассой, находится на некотором расстоянии от гильзы ЭД и соединен с ней двухжильным проводом. Инициирование ЭД осуществляется специальным взрывным прибором, посылающим в электровзрывную сеть переменный ток частотой не менее 15 кГц. Аналогичные ЭД позднее были разработаны в СССР.

1982—1986 гг. Разработка отечественной системы электровзрывания, безопасной в отношении блуждающих токов различного происхождения и состоящей из электродетонаторов с трансформаторным входом типа ЭД–24, высокочастотного взрывного прибора типа УВВ–1, а также прибора ПКБЭ–1 для проверки ЭД–24 (ПО «Краснознаменец», томский НИИ высоких напряжений, омский завод «Электроточприбор»).

1988 г. Разработка системы беспроводного взрывания ЭД от излучения СВЧ. Система состоит из излучателя, располагаемого в 20—40 м от забоя, и группы СВЧ-радиоэлектродетонаторов (СВЧ–РЭД), размещенных по паспорту БВР. Система позволяет передавать более 90 % СВЧ-энергии в мостик ЭД и шунтировать токи от любых других источников (бытовых, наводок от электрооборудования, статического электричества, тяговых блуждающих токов и т.д.). Отсутствие взрывных сетей дает экономию материалов и технологического времени, повышает надежность группового взрывания вследствие независимого задействования СВЧ–РЭД. Разработчики А.В. Долголаптев, А.П. Уваров, М.М. Безруков (ИГД им. А.А. Скочинского, СССР).

1992—1996 гг. Разработка и выпуск первого отечественного конденсаторного взрывного прибора типа КВП–2/200 для инициирования до 100 ЭД пониженной чувствительности в последовательном соединении и до 570 ЭД нормальной чувствительности при их смешанном соединении. Разработчик и изготовитель — Всероссийский НИИ автоматики (ВНИИА). Разработка и выпуск прибора взрывного высокочастотного типа ГТВВ–2 для инициирования сейсмических ЭД типа ЭДС–2 с трансформаторным входом, применяемых при сейсморазведке (ГосНИИИ).

Разработка серии взрывных приборов типа ВПА–30, ВПА–60, ВПА–120 для взрывания соответственно 30, 60, 120 ЭД нормальной чувствительности к току в шахтах, опасных по газу или пыли. В этих приборах в качестве накопителей электроэнергии использованы электролитические конденсаторы (ВостНИИ и НПП «Алтайтехприбор»).

1996 г. Разработка высокочастотного взрывного прибора типа КВПЧ–1/100 для инициирования до 100 ЭД с трансформаторным входом типа ЭД–24, а также высоковольтного взрывного прибора типа КВП–1/20 для инициирования до 20 высокоточных и безопасных ЭД типа АТЭД–15. Разработчик — Всероссийский НИИ автоматики (ВНИИА). Разработка фирмой «Динамит Нобель» (Германия) новой системы ДИНАНЕТ (Dynanet) с электронными ЭД, обеспечивающей возможность индивидуальной настройки времени срабатывания 1200 ЭД с 366 ступенями замедления. Внедрение системы с электронными ЭД на открытых и подземных работах в Австралии и ЮАР.

6.9. АППАРАТУРА ЭЛЕКТРОВЗРЫВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В начале девяностых годов в связи с прекращением в РФ и странах СНГ разработки и выпуска серийных взрывных приборов (ВП) во ВНИИА были начаты работы по созданию ВП и систем электровзрывания (СЭВ) промышленного назначения.

Научно-технический потенциал ВНИИА и опыт разработки и серийного освоения систем электровзрывания, технологический задел и возможность серийного изготовления специальной элементной базы, мощности развитого многопрофильного производства позволяют решить задачу обеспечения отечественной промышленности высоконадежными и безопасными приборами, отвечающими современным тенденциям в развитии взрывных технологий.

С учетом отечественного и зарубежного опыта были выделены основные направления развития СЭВ:

- для открытых работ в горно-добывающей промышленности и строительстве;

- для шахт и рудников;
- для промышленных технологий (сварки, резки, штамповки и др.) с использованием энергии взрыва.

Основными решаемыми задачами при этом являлись:

- создание мощных ВП для инициирования электродетонаторов (ЭД) пониженной чувствительности, безопасных в отношении блуждающих токов, токов промышленной частоты, статического электричества и механических воздействий;
- обеспечение безопасного и безотказного проведения взрывных работ в промышленности, на угольных шахтах и рудниках, карьерах, объектах строительства, при проходке туннелей, обрушении зданий и сооружений в условиях постоянного роста энергонасыщенности промышленных объектов.

На проводимые ВНИИА работы по СЭВ оформлены лицензии Госгортехнадзора на разработку, проведение испытаний, серийное производство и ремонт электроприборов, используемых при взрывных работах.

Таблица 6.1

Технические характеристики выпускаемых ВНИИА взрывных приборов

Характеристика	Тип взрывного прибора		
	КВП-2/200	КВПЧ-1/100	КВП-1/20
Максимальное число взрываемых ЭД:			
• пониженной чувствительности	100	—	—
• нормальной чувствительности	570	—	—
• без ИВВ с взрывающимся мостиком	—	—	До 20
Исполнение прибора	Рудничное нормальное РН1	Общепромышл.	Общепромышл.
Масса прибора, кг	2,4	3	6
Назначенный срок эксплуатации, лет	5	5	5
Гарантийный срок службы, лет	2,5	2,5	2,5
Источник питания	6 аккумуляторов или гальванических элементов	Сеть 220 В	Сеть 220 В или внешний аккумулятор 10—30 В

К настоящему времени во ВНИИА разработаны и освоены в производстве три типа ВП и СЭВ промышленного назначения (табл. 6.1).

1. Конденсаторный взрывной прибор КВП -2/200 для инициирования ЭД на открытых и подземных работах в условиях, не опасных по взрыву газа или пыли.

КВП-2/200 — первый отечественный прибор, обеспечивающий взрывание в последовательной электровзрывной сети до 100 ЭД пониженной чувствительности типа ЭД-1—3-Т.

Прибор допущен Госгортехнадзором России (решение № 542 от 29.05.97) к постоянному применению в подземных выработках рудников и шахт, не опасных в отношении взрыва газа и пыли, а также при производстве взрывных работ на земной поверхности и серийно выпускается производством ВНИИА.

Комплекты приборов КВП-2/200 поставлены в АО «Ленинградсланец», ОАО «Норильский никель», Алмалыкский ГОК (Узбекистан). Получены заявки и оформлены договоры на поставку партий приборов на Кузнецкий металлургический комбинат и ОАО «Апатиты».

2. Система электровзрывания ультразвуковой частоты с прибором КВПЧ-1/100 и ЭД с трансформаторным входом (например, типа ЭД-24) позволяет проводить взрывные работы в условиях повышенной энергонасыщенности производства.

Безопасность обеспечивается избирательной чувствительностью системы к токам ультразвуковой частоты и нечувствительностью к токам промышленных источников электроэнергии, а также к блуждающим токам. Использование таких систем электровзрывания позволяет вести подготовку к взрыву без отключения электропотребителей, что дает существенный экономический эффект.

3. Система точного электровзрывания с прибором КВП-1/20 и мостиковыми ЭД без инициирующих ВВ (ИВВ). Безопасность этой системы обеспечивается отсутствием в ЭД ИВВ, уникальными параметрами импульса взрывного тока, двухступенчатым управлением и рядом других технических мер.

Система, обеспечивая групповое взрывание ЭД с чрезвычайно малой разновременностью (<0,5 мкс), создает возможность дальнейшего развития взрывных технологий в области обработки материалов энергией взрыва, упрочнения металлов, взрывной сварки и т.д.

Таблица 6.2

Перспективные разработки взрывных приборов во ВНИИА

Характеристика	Тип взрывного прибора		
	КВПМ-10/200	КВП-3/200	КВП-4/200
Максимальное число взрываемых ЭД:			
• пониженной чувствительности	10Х50	600	100
• нормальной чувствительности	10Х200	1200	570
Масса прибора, кг	ДО 6	До 3,5	ДОЗ
Назначенный срок эксплуатации, лет	3	5	3
Гарантийный срок службы, лет	1,5	2,5	1,5
Источник питания	Встроенные аккумуляторы		

На базе накопленного опыта по созданию взрывных приборов проводится разработка ряда новых приборов электровзрывания (табл. 6.2).

1. Многоканальный (до 10 каналов) взрывной прибор КВПМ-10/200 с программируемыми точными временными задержками срабатывания каналов предназначен для проведения сложных взрывных работ на открытых площадках, карьерах при массовых взрывах, при разделке крупногабаритных конструкций и военной техники, при обрушении зданий и сооружений, дроблении фундаментов и т.д. При этом существенно уменьшаются сейсмические и ударно-волновые воздействия. Многоканальный ВП позволяет взрывать значительно больше ЭД, чем одноканальный.

2. Мощный конденсаторный взрывной прибор КВП-3/200 для инициирования до 600 ЭД пониженной чувствительности. Внедрение этих приборов позволит существенно повысить безопасность взрывных работ, совершенствовать технологии и методы ведения взрывных работ и расширить области применения электровзрывания.

3. Конденсаторный взрывной прибор КВП-4/200 во взрывозащищенном исполнении для обеспечения взрывных работ в угольных шахтах, а также рудниках, опасных в отношении взрыва газа и пыли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Горст А.Г.* Пороха и взрывчатые вещества. — М.: ГНТИ, Оборонгиз, 1957.

2. *Зорин С.А.* Инициирующие взрывчатые вещества. — М.: ОНТИ, 1938.

3. *Эпов Б.А.* Основы взрывного дела. — М.: Воениздат, 1971.

4. *Орлова Е.Ю.* Химия и технология бризантных взрывчатых веществ. — Л.: Химия, 1973.

5. *Поздняков З.Г., Росси Б.Д.* Справочник по промышленным взрывчатым веществам и средствам взрывания. — М.: Недра, 1977.

6. *Шидловский А.А.* Основы пиротехники. — М.: Машиностроение, 1974.

7. *Андреев К.К., Беляев А.Ф.* Теория взрывчатых веществ. — М.: ГНТИ, Оборонгиз, 1960.

8. *Андреев К.К.* Взрыв и взрывчатые вещества: Научно-популярная библиотека солдата и матроса. — М.: Воениздат, 1956.

9. *Химия.* Справочное руководство. — ГДР, 1972 / Пер. с нем. — Л.: Химия, 1975.

10. *Андреев К.К.* Термическое разложение и горение взрывчатых веществ. — М.: Наука, 1966.

11. *Росси Б.Д., Поздняков З.Г.* Промышленные взрывчатые вещества и средства взрывания: Справочник. — М.: Недра, 1971.

12. *Третьяков Г.М.* Боеприпасы артиллерии. — М.: Воениздат, 1946.

13. *Будников М.А., Левкович Н.А.* и др. Взрывчатые вещества и пороха. — М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1955.

14. *Абрамов В.П., Граевский М.М., Кравченко В.И.* и др. Новый конденсаторный взрывной прибор КВП-2/200 // Безопасность труда в промышленности. — 1997. — №7. — С. 23—27.

15. *Граевский М.М., Петрушин П.П.* Способ ускоренного расчета электровзрывных сетей и производительности конденсаторных взрывных приборов // Безопасность труда в промышленности. — 1998. — № 5. — С. 29—33.

7. ОСНОВЫ ДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВА НА РАЗРУШАЕМУЮ СРЕДУ

7.1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ

В развитии теории взрывных процессов можно проследить два основных направления. Первым исторически сложилось направление, вызванное насущными потребностями расчета величин зарядов ВВ. Второе, более углубленное направление — создание физических основ теории взрыва.

Впервые с необходимостью расчета крупного заряда столкнулись воеводы и розмыслы Ивана Грозного при осаде и разрушении крепостных стен Казани, причем эта задача была блестяще решена.

Де Вилль в 1628 г. установил, что величина заряда C должна быть пропорциональна преодолеваемому сопротивлению, и поэтому определял величину заряда $C = mh$ с учетом только глубины воронки, или, точнее, величины h –линии наименьшего сопротивления (рис. 7.1, *а*).

Вобан в 1669 г. считал, что сопротивление взрыву ограничивается сопротивлением силы тяжести грунта, выбрасываемого из воронки так, как если бы воронка была в рыхлом песке, и соответственно принял воронку в виде правильного конуса (рис. 7.1, *б*). Его формула приобрела вид кубической зависимости:

$$C = \frac{1}{3} q h^3 .$$

Мегриньи в 1686 г. принял воронку в виде конуса, усеченного плоскостью, проходящей через центр заряда (рис. 7.1, *в*).

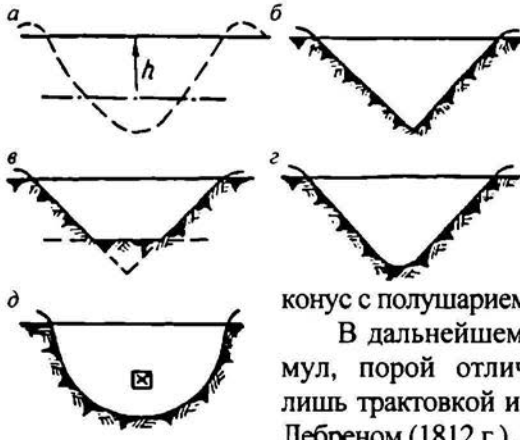


Рис. 7.1. Типы расчетных воронок:
а — по де Виллю; *б* — по Вобану; *в* — по Мегреньи; *г* — по Белидору; *д* – по Мейнекке

Белидор в 1729 г. совместил усеченный конус с полушарием сферы сжатия (рис. 7.1, *г*).

В дальнейшем был предложен ряд формул, порой отличавшихся друг от друга лишь трактовкой и коэффициентами при h^3— Лебреном (1812 г.), Гаузером (1871 г.) и др., или геометрической формой воронки. Так, у Мейнекке (1875 г.) форма воронки — это параболоид с фокусом в центре заряда (рис. 7.1, *д*).

Еще Б. Белидор обратил внимание на то, что раствор воронки от взрыва может быть различным, и вывел первую зависимость между элементами воронки для уменьшенного, нормального и усиленного горна. После Белидора многие исследователи (Миллер, Мюзе, Добенгейм, Верман, Рцига, Вюстерфельд, Пирон и др.) выводили формулы функции показателя выброса:

$$f(n) = \left(\frac{h_n}{h_x}\right)^3.$$

Все эти формулы, ввиду их сложности и неточности результатов вычислений, практического значения не получили.

На основе личного опыта и результатов многочисленных взрывов в ходе подземно-минной войны в Севастополе военный инженер М.М. Фролов (1868 г.) предложил наиболее простой вывод формулы для $f(n)$.

Этот вывод был развит и уточнен М.М. Боресковым (1871 г.). Анализом опытных взрывов он установи, что при одной и той же линии наименьшего сопротивления h величина зарядов возрастает с увеличением радиуса воронки, а при одинаковом радиусе воронки величина зарядов возрастает с увеличением x. Эта зависимость нашла отражение в знаменитой формуле Боре-

скова, которая дает наиболее удовлетворительные результаты и широко применяется для вычисления усиленных горнов, h которых не превосходит 25 м: $C = q_{н}\left(0,4+0,6n^{3}\right)h^{3}$.

С появлением более мощных, чем порох, ВВ в расчетные формулы либо вводили коэффициент, учитывающий мощность данного ВВ, либо производили перерасчет на эквивалентное ВВ. За эталон ВВ в некоторых странах был принят порох, а в США — стандартный динамит.

Со времени С. Вобана формулы были «построены на песке». В действительности же взрыву приходится преодолевать не только сопротивление силы тяжести, но и силы сцепления, силы трения, сопротивление воздуха и т. п.

Если во времена Б. Белидора можно было пробными взрывами определять необходимое увеличение заряда при переходе к иным грунтам или горным породам, то с течением времени такая методика становилась все более обременительной.

В этой связи в 1911 г. проф. М.М. Протодьяконов выдвинул важнейший принцип, что любое сопротивление взрыву горной породы пропорционально ее сопротивлению сжатию. Этот принцип намного упростил расчеты и почти свел к нулю пробные взрывы. Исходя из этого принципа, проф. М.М. Протодьяконов ввел понятие коэффициента крепости породы, приняв его значение равным 0,01 временного сопротивления породы на раздавливание, и разработал шкалу относительной крепости горных пород.

В более поздних работах Г. Ларес (1933 г.), исходя из открытия проф. М.М. Протодьяконова, предложил свою формулу и удобную шкалу относительной крепости горных пород. Эта формула получила распространение в горной промышленности за рубежом.

Более широкое развитие принципа М.М. Протодьяконова позволяет построить теорию действия взрыва в прочной среде на основе данных о ее сопротивлении деформирующим силам. Эта задача решена советскими учеными, в частности проф. Г.И. Покровским.

Говоря о действии взрыва на разрушаемую прочную среду, уместно вернуться к понятию (впервые сформулированному Б. Белидором) о различных сферах остаточных и упругих деформаций (сжатия, разрушения, сотрясения), возникающих при взрыве.

Под сферой сжатия, образующейся в момент взрыва, подразумевается эллиптическая полость (в частном случае — камуфлетная), из которой силой взрыва полностью выброшена или выпрессована разрушенная порода. По наставлению 1916 г. «Минные работы и минная война» эта полость имеет объем, в 100 раз превосходящий объем заряда пороха и в 300 раз — объем заряда пироксилина.

Сфера разрушения включает в себя разрушенную породу — как выброшенную из воронки, так и оставшуюся на месте, но подвергшуюся таким деформациям, которые создают в сфере радиальные и тангентальные трещины.

Сфера сотрясения — область, подвергшаяся наиболее сильному воздействию сейсмических волн.

Представление об этих сферах было весьма важно при ведении подземно-минной войны. Например, взрыв горна в контрминной галерее полностью разрушал галерею противника в сферах сжатия и разрушения и делал опасными (из-за возможности обрушений) участки в сфере сотрясения.

Применительно к горному делу В. А. Ассонов в 1953 г. различает сферу сжатия или измельчения, сферу выброса, сферу разрыхления или трещинообразования и сферу сотрясения.

Г.И. Покровский в 1945 г. отмечает, что действие взрыва на разрушенную среду — явление сложное и зависит от характера среды, т. е. проявляется различно; вводит понятия — прессование грунта, волна сжатия, сжимающие и растягивающие усилия. Развивая эти положения в 1964 г., он различает сферический слой мелкораздробленной и уплотненной породы, пронизанный поверхностями скольжения (зона сжатия), зону радиальных и перпендикулярных к радиусам трещин. При взрывах на дробление различает внешние и внутренние зоны дробления, зону растрескивания и откол. При взрывах на выброс различает волны сжатия и разрежения, вводит понятие газовой полости.

Практическое обобщение взрывных работ в горном деле в наше время произведено в трудах Н.В. Мельникова, В.А. Ассонова, Г.А. Васильева, Л.И. Барона, Г.П. Демидюка, М.М. Докучаева, Н.Н. Симонова, Н.У. Туруты, А.Ф. Суханова, Б.Н. Кутузова, М.Ф. Друкованного, Э.И. Ефремова, Е.Г. Баранова, В.Н. Мосинца, В.К. Рубцова и многих других.

7.2. УДАРНЫЕ ВОЛНЫ

Понятие об ударной волне достаточно сложное и многогранное.

В общем виде под ударной волной в настоящее время понимают такую волну, которая, распространяясь со скоростью, превышающей скорость звука, в данном веществе, вызывает на своем пути, а имено на своем непрерывно перемещающемся фронте, скачкообразное (ударное) сжатие вещества.

Когда ударная волна распространяется по ВВ (допустим, по удлиненному заряду), то, если скорость и интенсивность волны не только больше скорости звука, но и вызывает взрывное разложение ВВ, такую волну называют детонационной волной или волной детонации.

Ударную волну, распространяющуюся в атмосфере, называют воздушной ударной волной. При достаточной мощности она при своем прохождении вызывает в воздухе процессы диссоциации и ионизации. Ударная волна в воде именуется водным или гидравлическим тараном. Ударная волна, распространяющаяся в грунтах или горных породах земной толщи, называется сейсмической; сейсмические волны, вызванные взрывом, мощным ударом (метеорита), землетрясением или другими подобными факторами, при всей своей сложной структуре принципиально не отличаются друг от друга.

Ударные волны могут переходить из одной среды в другую. Так, воздушная ударная волна от взрыва активного заряда может на определенном расстоянии вызвать в пассивном заряде ударную волну, которая при достаточной интенсивности переходит в волну детонации, т. е. вызывает взрыв, который называют взрывом через влияние или взрывом на расстоянии.

При взрыве в вакууме продукты взрыва, не встретив никакой среды, не формируют ударную волну, а сами прямолинейно распространяются с постоянной скоростью до тех пор, пока не встретят преграду (газообразную, жидкую или твердую).

Теория ударных волн в первом приближении была создана еще во второй половине XIX в.

Немецкий ученый Георг Риман (1826–1866 гг.) ввел понятие о плоских ударных волнах (1860 г.), имевшее определенное значение в теории взрыва.

Идеи И.М. Чельцова о взрыве как об адиабатическом процессе, а также теоретическое обоснование измерений работы взрыва оказали весомое влияние на последующее развитие теории.

Шотландский инженер и физик Уильям Джон Макуорн Ранкин (1870 г.) и французский ученый А.Г. Гюгоньо (1887 г.), разработав теорию, связывающую давление и объем газов, сжатых ударной волной, вывели уравнение для ударных волн, названное ударной адиабатой Гюгоньо. В 1889 г. А. Г. Гюгоньо распространил свое уравнение для ударных волн и на процесс детонации (уравнение Гюгоньо для детонации) с учетом теплоты, выделяющейся при взрывном разложении ВВ.

А.В. Сапожников (1868–1935 гг.), изучая кинетику термического распада ВВ и свойства ударной волны, определил исходные положения для расчета безопасных расстояний от центра взрыва больших зарядов ВВ.

Буркхартом были произведены вычисления параметров ударной волны с учетом процессов диссоциации и ионизации воздуха.

Советскими учеными М.А. Садовским, Л.И. Седовым и К.П. Станюковичем, а в Англии Дж. Тейлором впервые было установлено, что избыточное давление на фронте ударных волн подчиняется закону подобия, т. е. их величина не зависит от размера и массы заряда, а только от отношения расстояния от места взрыва к радиусу заряда, удельной энергии взрыва и давления воздуха.

В связи с ростом мощности созидательных взрывов возникла острая необходимость знать величины зон разрушений, возникающих в районе взрыва под действием ударных волн, распространяющихся и по воздуху, и по земле. Новые методы расчета этих зон были теоретически разработаны Героем Социалистического Труда, акад. М.А. Садовским, М.Н. Косачевым и С.Н. Медведевым, удостоенными за эту работу Государственной премии СССР в 1947 г.

Теоретически разработанные и экспериментально проверенные акад. М.А. Садовским законы распространения сейсми-

ческих и воздушных ударных волн и их параметров при взрывах в различных средах, а также формулы передачи детонации на расстояние при взрыве больших зарядов ВВ широко применяются во взрывной технике при расчетах безопасных расстояний.

Теоретические формулы определения импульса ударных волн, возникающих в воздухе от обычного и ядерного взрывов, впервые были опубликованы К.П. Станюковичем в 1946 г.

Теория действия взрыва и ударных волн в твердой среде значительно развита в трудах академиков М. А. Лаврентьева, Л.И. Седова, профессоров Г. И. Покровского, А. Ф. Беляева, К.П. Станюковича, О. Е. Власова, Н. В. Зволинского и других.

7.3. ГОРЕНИЕ, ВЗРЫВ, ДЕТОНАЦИЯ

Впервые идея о возможности существования процесса, отличного от процесса горения порохов, была высказана Н. Н. Зининым в ходе его работы над первыми нитроглицериновыми ВВ.

Важный вклад в развитие этой основополагающей идеи внес знаменитый французский химик Пьер Эжен Марселей Бертло (1827–1907 гг.). Поскольку его работы имели большое значение для последующего развития физики взрыва, необходимо на них остановиться подробнее.

В сентябре 1870 г. правительство национальной обороны Франции вынуждено было обратиться к Бертло с просьбой найти любые целесообразные способы получения селитры для изготовления пороха, запасы которого катастрофически подходили к концу. С 1878 г. и до конца своей жизни Бертло возглавлял национальную Комиссию ВВ, в которую в разное время входил ряд крупных ученых и военных инженеров: Ж. Л. Гей-Люссак, Т. Ж. Пелуз, главный инженер по порохам Сарро, П. Вьель, Ж. Бертран, Лион-Виль, А. Ле Шателье и другие.

Д. И. Менделеев, имевший возможность в 1890 г. ознакомиться с работами этой комиссии и английского Комитета по ВВ, дал им высокую оценку, отметив, что их основной задачей является усовершенствование производства и действия взрывчатых веществ и изучение их свойств.

С самого начала свои исследования ВВ М. Бертло проводит по строго научной методике, тщательно, но критически изучает

труды своих предшественников, определяет закономерности истории развития ВВ.

До М. Бертло изучением ВВ на основе продуктов их горения занимались Ж.Л. Гей-Люссак, Шеврель, Линк, Н.П. Федоров и другие. Самое обстоятельное исследование физико-химических процессов при горении порохов произвели Р. В. Бунзен и Л.Н. Шишков. Бертло очень высоко оценил их монографию «Химическая теория горения пороха» (1859 г.), рассматривая свою работу как продолжение их труда: «Бунзен и Шишков в своем замечательном труде поставили проблему изучения черного пороха на рациональную почву, измеряя объем газа и выделившегося тепла и стараясь из этого вывести заключение о механизме действия пороха».

М. Бертло пришел к выводу, что для определения силы ВВ нужно установить такие их параметры, как химический состав самого ВВ и продуктов их взрыва, объем газов, количество выделившегося тепла и скорость химической реакции взрыва.

Этот вывод послужил М. Бертло трамплином в его разработке теории взрывных процессов и выдвижении новых представлений о взрыве. Рассматривая развитие взглядов на физическую сущность взрыва в историческом аспекте, он наносит сокрушительный удар по «звуковой» теории взрывчатых реакций Абеля, Шампиона, Пелле и выдвигает оригинальную концепцию о взрывной волне и детонации взрывчатых веществ.

В своем обобщающем труде «Сила ВВ на основе термодинамики» (1883 г.) он впервые (совместно с П. Вьелем) сформулировал понятие детонации как установившегося процесса, распространяющегося с постоянной скоростью, характерной для каждого типа ВВ.

В 1881–1882 гг. Анри Ле Шателье совместно с Ф. Е. Малларом, изучая процессы горения газовых смесей, предложили способ определения теплоемкости газов при высоких температурах и наметили условия перехода горения, протекающего в трубах со сверхзвуковой скоростью, в детонацию.

Благодаря этим и другим исследованиям четко наметилась тепловая теория распространения пламени (путем теплопроводности), сторонники которой, исходя из баланса тепловой энер-

гии, выводили функциональную зависимость между скоростью горения, физическими свойствами смеси и химической кинетикой горения.

Основоположником современной гидродинамической теории детонации является известный русский физик В. А. Михельсон (1860–1927 г.), который в 1889 г. разработал основные положения математической теории детонации. Он установил фундаментальный закон, касающийся зависимости движения фронта воспламенения гремучих газовых смесей от их состава, и показал, что распространение процесса горения путем теплопроводности имеет место лишь при медленном горении («пламя Бунзена»), но во взрывном процессе роль ее ничтожно мала, а распространение «волны взрыва» осуществляется путем мгновенно возникающих давлений и соответственно сжатий. В.А. Михельсон доказал, что именно непонимание или незнание этого обстоятельства и привело к экспериментальным ошибкам Бунзена, Эттингена, Гернета, Малляра и Ле Шателье (что, конечно, не умаляет заслуг предшественников).

Более того, В.А. Михельсон очень высоко ценил их работы, особенно Ф. Э. Малляра (1880 г.).

Если в основе гидродинамической теории лежит предпосылка, что передача детонации обусловлена распространением по ВВ ударной волны и скорость детонации может быть рассчитана как скорость распространения ударной волны по ВВ, то термодинамическая теория предполагает, что существенную роль во взрывном процессе играет теплопроводность и другие тепловые факторы.

Универсальность теоретического анализа В. А. Михельсона дала основание К. И. Щелкину считать его, а также Д. Л. Чепмена (1899 г.) и Э. Жуге (1904 г.) основоположниками термодинамической теории детонации.

Конечно, было бы очень заманчиво построить единую теорию, единые законы и формулы, допустим, для взрыва десятка кубических сантиметров газовой смеси в стеклянной трубке и взрыва 1000 т тринитротолуола.

Столь различные процессы, как горение порохов, взрыв и детонация, раскрывают множество своих тайн лишь на стыке

различных научных дисциплин, что и делается, по существу, трудами многих упоминаемых здесь ученых.

Неправомерность претензии на универсальность одной только теории можно проследить на примере научной дискуссии, вызванной выступлением М.А. Кука. Но перед тем как изложить ее сущность, необходимо перечислить несколько фактов из истории развития теории детонации.

Существенное развитие и современное обоснование применительно как к газовым смесям, так и к конденсированным ВВ, гидродинамическая теория получила главным образом благодаря работам А.А. Гриба, Л.Д. Ландау, Я.Б. Зельдовича, К.П. Станюковича, А.Ф. Беляева и других.

Основы теории пределов и скорости детонации с учетом потерь теплопередачи и трения газа о стенки трубы для газовых смесей разработаны Я.Б. Зельдовичем. Им создана физическая схема детонации и в 1940–1941 гг. решена задача о формировании и структуре детонационной волны.

В 1958 г. М.А. Кук подверг критике гидродинамическую теорию детонации, так как, с его точки зрения, этой теорией игнорируются возможности передачи тепловой энергии в детонационной волне, а поток тепла может распространяться со скоростью, превосходящей скорость детонации. Тем самым М.А. Кук отрицал распределение параметров состояния в зоне химической реакции, вытекающей из теории, развитой Я. Б. Зельдовичем, Дж. Нейманом и В. Дёрингом.

При этом М.А. Кук ссылался на эксперименты, связанные со свечением при прохождении детонационной волны. Однако эксперименты Я. Б. Зельдовича и его сотрудников, а также соображение о том, что свечение может распространяться со сколь угодно большой скоростью, ни в коей мере не связанной со скоростью теплового потока, показали, что критика М.А. Кука не является убедительной.

При этом надо сделать одно существенное замечание. На 20 лет раньше М.А. Кука — в 1938 г. А.Ф. Беляев выдвинул новую теорию горения конденсированных ВВ, в которой основная роль в передаче энергии отводится теплопроводности. Однако при этом А. Ф. Беляев не только учитывал кинетику химических ре-

акций, но и предполагал, что горение ВВ протекает не в конденсированной, а в газовой фазе.

М.А. Куком также было выдвинуто положение о том, что падение скорости детонации обусловливается отношением радиуса кривизны фронта волны детонации к диаметру заряда. Однако критерий устойчивости детонации, имеющий весьма важное теоретическое и практическое значение, впервые был сформулирован Ю.Б. Харитоном, который убедительно показал, что устойчивость детонации зависит от условия, когда время протекания химической реакции меньше отношения диаметра заряда к скорости звука в продуктах детонации.

Исследования А.Ф. Беляева, В.К. Боболева, Дотриша, Бихеля и Г. Каста показали, что скорость детонации повышается с увеличением диаметра заряда, достигая максимального значения при некотором предельном диаметре, который, в свою очередь, зависит от химической и физической природы или состояния ВВ.

А.Ф. Беляевым и В.К. Боболевым сделаны также выводы о влиянии оболочек на скорость детонации.

Результаты экспериментальных исследований К.К. Андреева и А.Ф. Беляева в области горения инициирующих и бризантных ВВ привели к значительному расширению наших представлений о механизме этих процессов и о критических условиях перехода горения в детонацию твердых систем. А.Ф. Беляевым сделаны важные выводы о роли газовой фазы при горении ВВ, К.К. Андреевым — об устойчивости горения жидких систем и переходе их горения в детонацию; совместно А.Ф. Беляевым и К.К. Андреевым — об устойчивости горения пористых систем и условий перехода их горения в детонацию. К.К. Андрееву и А.Ф. Беляеву за цикл работ по термическому разложению, горению, детонации и работе взрыва конденсированных систем присуждена Государственная премия СССР в 1971 г.

Г.И. Покровский и К.П. Станюкович дали изящное решение и экспериментально проверили направление движения продуктов взрыва, образующего некоторый угол с нормалью к поверхности заряда.

Вопросами истечения продуктов детонации в воздухе занимались Л.Д. Ландау и К.П. Станюкович.

Ф.А. Баум и Б.И. Шехтер провели экспериментальную проверку закона сжимаемости для продуктов детонации в диапазоне высоких давлений.

Г.И. Покровский и независимо от него Ф.А. Баум и К.П. Станюкович установили закономерности распространения взрыва при детонации движущихся зарядов ВВ.

Механизм возбуждения детонации долгое время был мало изучен. Значительный сдвиг в этой проблеме был произведен в послевоенные годы в большей степени благодаря работам А. Ф. Беляева, акад. Ю.Б. Харитона, И.Я. Петровского, Б.И. Шехтера и других. Так, Ю.Б. Харитон совместно с сотрудниками разработал вопросы возбуждения и распространения детонации и, в частности, установил принцип, который связывает взрывную способность ВВ со скоростью химической реакции во фронте взрывной волны.

Еще в предвоенные годы К.И. Щелкин открыл важные новые явления в процессах горения и детонации газов, которые поставили под сомнение сложившиеся в течение долгого времени представления о том, что температура и плотность продуктов взрыва на всем фронте ударной волны одинаковы. Затем ряд отечественных и зарубежных исследователей обнаружили такие явления газовой детонации, которые трудно было объяснить классической теорией, например спиновая детонация, открытая английскими учеными К. Кемпбелом и Д. Вудхедом в 1926 г. и более 30 лет остававшаяся теоретически не расшифрованной.

В 1957 г. советские ученые обнаружили неоднородности яркости свечения фронта волны детонации, которые свидетельствовали и о различии всех физических параметров, его характеризующих. Например, в некоторых газовых смесях свечение детонации излучается не плоским фронтом, а сосредоточено в некоторой точке.

Исследования этих эффектов при распространении детонации в газах осуществили К.И. Щелкин, Я. Б. Зельдович и А.С. Соколик, причем К.И. Щелкин экспериментально доказал существенное влияние турбулентности потока исходной смеси на процесс ускорения горения и развил на этой основе представление о переходе горения в детонацию.

Он показал, что детонация в виде плоской ударной волны и следующей за ней зоны воспламенения оказалась, по крайней мере для газообразных ВВ, неоднородной. Зона горения изгибается, ломается и фронт ударной волны, и на его поверхности возникают сильные возмущения. Сталкиваясь, они создают очаги, в которых газ воспламеняется значительно быстрее, чем в плоской волне. Возникает неоднородная трехмерная структура и волны детонации, и зоны горения. Такая детонация получила наименование пульсирующей.

Щелкин Кирилл Иванович (1911–1968) — чл.-корр. АН СССР, трижды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и четырежды Государственной премий СССР. Его работы в области горения и взрыва получили мировое признание.

К.И. Щелкин показал, что неоднородности или возмущения, возникающие при детонации, не зависят от диаметра трубы, наполненной взрывающимся газом. Поэтому оказалось возможным осуществить детонацию в трубе с заданным диаметром, при котором имеет место всего лишь одно возмущение на все сечение. Неоднородность при этом описывает на ударном фронте круги вблизи стенок трубы. А так как одновременно волна детонации движется вдоль оси трубы, то неоднородность (возмущение) распространяется в трубе по спирали. Такую детонацию называют спиновой, а возмущение — ядром спина. Следовательно, спин оказался предельным случаем пульсирующей детонации, когда размер возмущения сравним с диаметром трубы.

По выражению К.И. Щелкина спиновая детонация «оказалась интересным гибридом газодинамики с химической кинетикой».

Исследования К.И. Щелкина по пульсирующей и спиновой детонации и предложенная им теория этих явлений получили широкую известность.

Продолжением этих исследований были труды Ю.Н. Денисова и Я.К. Трошина (Институт химической физики АН СССР).

Логическим развитием теории К.И. Щелкина явился цикл работ, выполненных сотрудниками СО АН СССР.

Исследования показали, что поверхность фронта детонации покрыта выступами и впадинами, которые со скоростью до 1 млн в газовых смесях и до 130 млн в секунду в твердых телах (ВВ) пульсируют и превращаются друг в друга. Для фиксации этого явления экспериментаторы вводили в газовые смеси сажу. Это, с одной стороны, позволило получать более четкие фотоснимки, а с другой — на стенках трубы оставались сажевые штрихи в виде ромбической сетки, раскрывающей процессы распространения волны детонации.

Открытие неустойчивости детонационной волны в газах, сделанное советскими учеными чл.-корр. АН СССР К.И. Щелкиным и Б.В. Войцеховским, д-ром физ.-мат. наук Я.К. Трошиным, канд. техн. наук Ю.Н. Денисовым, В. В. Митрофановым и М.Е. Топчияном, получило признание мировой науки. 14 марта 1972 г. Комитет по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР зарегистрировал это открытие; его практическое применение многообразно: прежде всего существенно то, что с изменением представлений о газовой детонации стал возможен более правильный подход для решения проблем управления взрывом. В этом плане становится возможной реализация идеи создания двигателя, работающего на более экономичном — детонационном режиме.

Весьма важно и то, что получено новое теоретическое оружие борьбы с катастрофическими взрывами в шахтах.

Б. В. Войцеховскому и его ученикам В.В. Митрофанову и М.Е. Топчияну удалось построить четкую газодинамическую модель детонационного спина, а Р. И. Солоухин исследовал роль химических факторов в этом явлении, что позволило ему предположить разделение фронта реакции и «ударного фронта».

Это дополнение газодинамической модели спиновой детонации, насыщенное экспериментами, техника которых позволила весьма точно фиксировать при самых высоких скоростях процесса температуру, давление и другие параметры состояния, завершает физическую схему явления, а также позволяет перенести в область высоких температур и давлений кинетическую схему разветвленных цепных реакций, развитую Н. Н. Семеновым и его учениками.

За работу по исследованию явлений детонации в газах, широко известную в нашей стране и за рубежом, чл.-корр. АН СССР Б. В. Войцеховский, д-ра техн. наук Р. И. Солоухин и Я.К. Трошин удостоены звания лауреатов Ленинской премии в 1965 г.

Значительное развитие теории горения ВВ было достигнуто за последние десятилетия благодаря успехам в области химической кинетики и, в частности, теории цепных реакций, в значительной степени разработанной С. Н. Хиншелвудом, Н. Н. Семеновым и его школой.

Теория цепных реакций сформулирована Н.Н. Семеновым еще в 1928 г. За научные труды «Теория цепных реакций» (1936 г.) и «Тепловая теория горения и взрыва» (1940 г.), имеющие большое значение для современной науки, ему присуждена Государственная премия СССР.

Работы Н.Н. Семенова и его сотрудников К. К. Андреева, Ю. Б. Харитона и других в области кинематики термического распада ВВ до настоящего времени остаются фундаментальными исследованиями в этой области.

Работы иностранных ученых Мюраура, Горнера и других находятся на менее высоком уровне и имеют значение только для проверки и подтверждения принципиальных выводов советских ученых.

Свидетельством этому является присуждение Н. Н. Семенову международной Нобелевской премии.

Разработка теории горения и взрыва была связана с рядом частных проблем, решение которых влияло на достижение результатов общего характера. Одной из таких проблем было измерение температуры взрыва и вспышки. Еще Патрик и Вуд пытались измерить ее средствами оптической пирометрии.

Мюраур установил, что этот метод не может быть достоверным, поскольку значительное количество света при взрыве вызывается свечением окружающей атмосферы при прохождении через нее ударной волны.

В 1945 г. Аленцев, А. Ф. Беляев, С. Л. Соболев и Б. М. Степанов разработали более совершенную методику спектроскопического определения температуры взрыва.

А.Ф. Беляевым впервые экспериментально доказана способность ВВ к тепловому инициированию под влиянием мгновенных местных разогревов.

Ю.Б. Харитоном впервые было высказано предположение о возможности взрыва от удара под влиянием локальных разогревов.

Важной проблемой, связанной с теорией детонации, были вопросы инициирующей способности ВВ и их чувствительности.

И.Я. Петровским была разработана новая проба для определения инициирующей способности ВВ. Проба И. Я. Петровского в качественном отношении превосходит соответствующие пробы А. Хайда и Л. Велера и нашла широкое применение в СССР.

Проф. Ф.А. Бауму удалось блестяще доказать несостоятельность теоретических выводов немецких ученых Л. Велера и Вельценберга, работавших над проблемой чувствительности ВВ. Ф. А. Баум на основе современных представлений о строении вещества установил и доказал зависимость чувствительности ВВ от его молекулярной структуры.

Б. Л. Кондрацкий на основе общих положений теории вероятности разработал методику исследования взрывчатых процессов. Она нашла применение для оценки чувствительности ВВ.

В конце 1940-х годов для снимков взрыва использовали специальный кенотрон, дававший импульс рентгеновских лучей длительностью в одну миллионную долю секунды.

В 50-х годах скоростные кинокамеры позволяли производить съемку со скоростью 100 млн кадров в секунду.

В 60-х годах проф. С.М. Проворнов, О.Ф. Гребенников и В.П. Гусев создали аппарат РКС-2, позволяющий производить съемку со скоростью полмиллиарда кадров в секунду. Эта поистине фантастическая скорость дает возможность рассмотреть взрыв на всех фазах его развития, более глубоко постигать его закономерности, и в конечном итоге определять новые пути подчинения энергии взрыва воле человека, делающего взрыв все более гибко и надежно управляемым.

8. ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

8.1. УГОЛЬНЫЕ ЗАПАСЫ НА СЛУЖБЕ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ СТРАНЫ

Осенью 1721 г. крепостной рудознатец Григорий Капустин «на Дону в казачьих городках» нашел каменный уголь. Он сообщал: «Делали кузнецы тем каменным углем топоры и подковы новые, и они, кузнецы, то уголь похваляли и сказывали, что от него великий жар». А через год три пуда донецкого угля были доставлены в Москву для пробы. Так был открыт один из крупнейших в мире угольных бассейнов — Донецкий. Затем стали известны и другие крупные месторождения углей, но в царской России даже в 1913 г. его было добыто всего лишь 29,1 млн т и немудрено, что промышленность Петербурга и Балтийский флот пользовались кардиффским углем, привозимым из Англии...

Первая мировая война, иностранная интервенция в годы гражданской войны, блокада, разруха и голод нанесли сокрушительные удары по индустрии нашей страны: погасли доменные и мартеновские печи, парализованы шахты, рудники, карьеры...

В начале апреля 1920 г. в самый разгар борьбы за восстановление народного хозяйства молодой Советской Республики, выступая на I Всероссийском учредительном съезде горнорабочих, В. И. Ленин говорил: «Уголь — это настоящий хлеб промышленности, без этого хлеба промышленность бездействует, без этого хлеба железнодорожный транспорт осужден на самое жалкое положение...»*.

---

* *Ленин В.И.* Полн. собр. соч. — Т. 40. — С. 292.

Ильич знал о том драматическом положении, в котором оказался Донбасс «на семи ветрах» гражданской войны, и непрерывно следил за его состоянием, непрестанно оказывал помощь.

Ленинской кипучей энергии обязан своим возрождением и дальнейшим развитием Донецкий угольный бассейн. Но не только Донбасс был в поле зрения Владимира Ильича. Еще в разгар гражданской войны Ленин предложил коллегии Главугля принять безотлагательные меры по доставке в Челябинск 20 экскаваторов для всемерного ускорения открытой разработки каменного угля.

В горной промышленности стали систематически использовать энергию взрыва: на шахтах, рудниках, карьерах все чаще стали применять ВВ для добычи полезных ископаемых. Но взрывчатки было недостаточно, и поэтому прикладывалось много усилий для налаживания ее производства. К 1926 г. уже были введены в действие химические предприятия Коксобензола, Химугля, Северохимтреста и другие, изготовлявшие наряду с другой продукцией и промышленные ВВ.

По первому пятилетнему плану реализации ВВ был намечен расход: на 1927—1928 гг. — 750 т, на 1931—1932 гг. — 1500 т. Но успехи мирных взрывов показали, что и этого количества, казавшегося в то время завышенным, недостаточно, чтобы удовлетворить резко возросшие потребности различных отраслей народного хозяйства во взрывчатых веществах.

Вместе с общим ростом расхода ВВ возрастала и мощность отдельных взрывов, но все эти взрывы были далеки от американского рекорда промышленного взрыва 24 т нитрокрахмала, произведенного в 1929 г. в Пенсильвании. Поэтому было совершенной неожиданностью, когда в 1930 г. в Жигулях прозвучал грохот «исполинской мины» весом в 35 566 кг. Это был рекордный взрыв в горной промышленности, но нью-йоркский взрыв в 1885 г. оставался непревзойденным.

Здесь для ясности следует оговориться, что ни в США, ни в СССР инженеры не ставили перед собой цели достичь какой-либо рекорд ради самого рекорда. Рекорды возникали тогда, когда практические потребности ставили такие задачи, которые было и экономически, и технически целесообразно решать с по-

мощью энергии взрыва; тем вероятнее и естественнее была возможность рекорда, чем крупнее, дерзновеннее и обширнее был масштаб поставленной цели. Но перед тем как перейти к более сложной задаче, надо было накопить и осмыслить приобретенный опыт, совершенствовать методы взрывания для получения максимальных выгод в наиболее оптимальном варианте.

В январе 1931 г. был произведен взрыв двух зарядов общей массой 21,7 т в Аршанском месторождении андезита на Казбеке. Этим взрывом, обрушившим 150 тыс. м^3 андезита к площадке завода, была обеспечена его полугодовая потребность. Технические показатели этого взрыва были для своего времени рекордом СССР, но он продержался недолго. Через полгода прозвучал взрыв 57 т ВВ, а в 1935 г. у Подольска — взрыв 94 т ВВ для ускорения работ по добыче сырья для цементных заводов.

В 1936 г. для вскрытия залежей бокситов у Тихвина был произведен взрыв 192 т ВВ.

В том же году был осуществлен крупный взрыв (500 т аммонита) на Балхашстрое. Он позволил начать эксплуатацию полезных ископаемых ранее намеченного срока и вместе с тем перекрыл американский рекорд, установленный в 1932 г. при взрыве 220 т ВВ в штате Мичиган.

К крупным массовым взрывам относится также черемховский, которым был вскрыт угольный пласт для разработки угля открытым способом.

Советское правительство придавало огромное значение Челябинскому месторождению углей и прежде всего потому, что оно допускало выгодную в экономическом отношении разработку открытым способом.

Эта идея в полной мере была осуществлена в 1936 г., когда вскрышные работы на Челябинском месторождении завершились грандиозным коркинским взрывом, произведенным по проекту и под руководством инженеров Г. П. Демидюка, Л. А. Папоротского и Ф. А. Селевцева. Он очень долгое время оставался мировым рекордом созидательного взрыва. 28 апреля 1936 г. было взорвано 400 т и 16 июня — уникальный взрыв — 1808 т аммонита.

Взрывы выбросили 1250 тыс. м^3 земли и образовали траншею длиной 1300 м, глубиной 22—25 м и шириной до 90 м поверху.

Так были вскрыты пласты челябинских углей для добычи открытым способом.

Успехи мирных взрывов были результатом плодотворной деятельности треста Союзвзрывпром, одним из руководителей которого был Г. П. Демидюк.

В числе массовых взрывов, осуществленных под руководством Г. П. Демидюка и с его непосредственным участием, могут быть названы: жигулевский взрыв, взрыв 95 т аммонита при вскрытии Воронцовского железорудного месторождения, взрыв 257 т на Бархатном перевале для прокладки дороги к Сучанскому месторождению угля, взрыв 500 т при вскрытии Коунрадского месторождения меди и, наконец, коркинский взрыв. Это были широкие производственные эксперименты, при которых почти каждый новый взрыв не имел прецедентов в мировой практике взрывных работ.

В августе 1948 г. на строительстве Ирша-Бородинского угольного разреза четырьмя последовательными сериями было взорвано 1860 т аммонита. В мировой практике это был рекордный направленный массовый взрыв.

В США долго готовили рекордный взрыв 800 т ВВ в одной камере. Он был произведен в декабре 1953 г., но остался американским рекордом, ибо мировой рекорд однокамерного взрыва был установлен 30 апреля 1953 г. советскими специалистами для вскрытия карьера на Алтын-Топканском месторождении полиметаллических руд. Величина одновременно взорванного заряда в одной камере составила 1640 т, более чем в два раза превзойдя американский рекорд.

Уникальный взрыв был произведен 21 декабря 1953 г. на глубине 48 м для разработки ствола угольной шахты треста Ватутинуголь. При этом взрыве, по инициативе Н. М. Сытого, было израсходовано 3 т отходов пироксилиновых порохов. Это предложение дало большую экономию средств.

Гигантский искусственный кратер угольного разреза Назаровского месторождения, строительство которого было начато в 1954 г., простирается на несколько километров в длину. Черная стена в угольном разрезе поднимается на высоту семиэтажного дома. Пласт каменного угля мощностью 18 м залегает на огром-

ном пространстве, объединяющем в одну систему Ирша-Бородинское, Итатское и Назаровское месторождения. Здесь добывают уголь, который в несколько раз дешевле добытого подземным способом.

Взрывами не только вскрывают полезные ископаемые, но и профилируют карьеры. Зимой они дробят смерзшуюся породу, «отгрызть» которую не под силу самому мощному экскаватору.

Богатейшие залежи угля разведаны в Экибастузе (Казахстан). Их запасы оцениваются в 100 млрд т. Мощность отдельных пластов достигает 100 м. Здесь создан самый крупный в стране разрез для открытой добычи 45 млн т угля в год. Для профилирования карьера и отбойки угля широко используется энергия взрыва.

При огромном количестве взрывов при подземной добыче много сил, средств и внимания уделяется технике безопасности. При каждом единичном или групповом взрыве должно быть проверено количество содержащихся в забое метана и угольной пыли, тщательно проветрен забой, реализованы все возможные средства беспламенного взрывания, созданы водяные завесы и т. д.

У открытых работ есть множество преимуществ перед подземными. Особенно наглядны в этом отношении производительность труда и себестоимость добываемого полезного ископаемого. Как показывает опыт того же Кузбасса, где в 1972 г. открытым способом добыли 32 млн т угля, производительность труда на карьерах в три-четыре раза выше, а себестоимость в два раза ниже, чем на шахтах. Так, себестоимость добычи 1 т угля на шахте им. Димитрова в 1969 г. составляла 14 руб. 28 коп., а на Листвянском разрезе — 5 руб. При всех прочих равных условиях весьма велико значение рациональной технологии, высокой организации труда, эффективного использования механизмов. Так, в письме Центральному Комитету КПСС в ноябре 1973 г. комплексная бригада Г. Смирнова (участок № 6 шахтоуправления «Юбилейное» комбината «Южкузбассуголь») докладывала, что производительность труда на одного горнорабочего этой бригады составила 1355 т, а себестоимость 1 т коксующегося угля 65 коп.

А почему бы не перейти сразу только на открытый способ добычи? Увы, природа не предоставила человеку такой возможности. Угольные сокровища расположены на разных глубинах, в большей мере недоступных для открытой разработки. Поэтому оба способа добычи как бы дополняют друг друга.

Эти факты и цифры помогают уяснить смысл курса, принятого на XXIII и подтвержденного на XXIV съезде КПСС, когда Л. И. Брежнев в своем докладе отметил, что «одной из узловых задач пятилетки является опережающее и более эффективное развитие топливно-энергетического комплекса»*. Развивая этот тезис, А. Н. Косыгин подчеркнул, что в девятой пятилетке предусматривается техническое перевооружение угольной промышленности, с тем чтобы добиться значительного удешевления добычи угля и улучшения условий труда шахтеров. Наибольшее развитие получит открытый способ добычи угля в крупных карьерах: этим способом будет получено около одной трети всей добычи угля.

Все сказанное об открытом способе добычи углей в равной (или почти равной) степени относится к добыче и других полезных ископаемых, в частности горючих сланцев. Они не могут конкурировать с углем, но, однако, служат серьезным подспорьем в энергетическом балансе. Сланцы — не только топливо для ГРЭС: так же как и коксующиеся угли, при сухой перегонке они служат исходным сырьем для получения бензина, битума, электродного кокса, олифы, разнообразных химикалиев и других важных для народного хозяйства продуктов.

Неподалеку от эстонского города Кохтла-Ярве в 1972 г. готовилась к пуску самая высокопроизводительная в Европе сланцевая шахта. А тем временем только из траншеи нового Нарвского разреза добывают 3 млн т «горючего камня».

Только за 1974 г. в нашей стране добыто 684 млн т угля. И по объему добычи, и по запасам угля наша Родина занимает первое место в мире...

---

* *Брежнев Л.И.* Отчетный доклад Центрального Комитета КПСС XXIV съезду Коммунистической партии Советского Союза. — М.: Изд-во политической литературы, 1971. — С. 73.

8.2. ЖЕЛЕЗОРУДНЫЙ ФУНДАМЕНТ ЦИВИЛИЗАЦИИ

В XVIII в. уральское железо с маркой «Старый соболь» считалось лучшим в мире. Русский металл завоевал мировые рынки: в 1716 г. Англия закупила 2200 пудов, а в 1732 г. — более 200 тыс. пудов железа. Уральское железо явилось фундаментом английской промышленной революции XVIII в.

В то время в России железа выплавлялось более 1/3 мирового производства. Но отсталость России мешала развитию ее промышленности. К концу XIX в. в России выплавлялось только 3 % мировой выплавки чугуна; в 1913 г. в США на душу населения было выплавлено 327 кг, а в России только 30 кг чугуна.

В первые годы образования Советского государства Владимир Ильич Ленин, направляя все усилия на восстановление сырьевой базы индустрии, проявляет особый интерес к богатейшему месторождению Курской магнитной аномалии (КМА). В 1920 г. Ленин подписывает Постановление Совета труда и обороны о создании Особой комиссии по КМА. К работе в этой комиссии были привлечены такие видные инженеры и ученые, как П. П. Лазарев, И. М. Губкин, А. Д. Архангельский и другие. Все работы, связанные с КМА, признаны имеющими особо важное государственное значение. К лету 1921 г. под Курском была заложена первая буровая. В апреле 1923 г. были получены первые керны курских железорудных кварцитов.

Развертывалась начатая Лениным битва за отечественный металл: как на штурм неприступных крепостей шли комсомольцы на стройки Криворожья, «Азовстали», «Магнитки», Казахстана.

Грандиозные задачи, поставленные перед горной промышленностью в годы пятилеток, непосредственно влияли на развитие и совершенствование буровзрывных работ. На подземных разработках были внедрены новые рациональные типы врубов Гушлевского, Пазенко, Притулы, Шевченко и других, благодаря которым стало возможно в 3—4 раза увеличить глубину шпуров и тем самым значительно ускорить проходку.

Большое значение имело внедрение в практику подземных работ скважинного метода отбойки, который ранее применялся

только на открытых работах. Впервые глубокие скважины были применены в 1931 г. при выемке целика на руднике «Ингулец». На шахте «Первомайская» этим методом впервые вели отбойку руды в 1935 г. Через 3 года этот опыт был использован на апатитовом руднике им. Кирова.

Одним из оригинальных методов является разработанный советскими инженерами метод ликвидации пустот с использованием массовых взрывов. Этот метод, зародившийся в Криворожье, позволил решить проблему безопасного и экономичного способа ведения горных работ, связанных с образованием обширных выработанных пространств.

Так, для ликвидации пустоты залежи карьера № 5 рудоуправления им. К. Либкнехта в 1937 г. было израсходовано более 45 т ВВ. А при ликвидации пустот в 1940 г. в первую очередь было взорвано 17 т и во вторую — 106,6 т ВВ.

По многолетней традиции новаторства горняки Южного горно-обогатительного комбината (ЮГОК) совершенствовали технологию буровзрывных работ. В этой связи стояла трудная задача одновременно обеспечить максимальный выход руды и в то же время обеспечить оптимальное дробление для бесперебойной работы убирающих руду экскаваторов. Решение было найдено, и теперь величина одновременно взрываемых зарядов доведена до 1000 т. Одним взрывом отбивают 1,5—2 млн т руды, что обеспечивает работу обогатительной фабрики в течение месяца. ЮГОК перерабатывает в год около 24 млн $м^3$ горной массы.

За период 20 лет (1960—1980 гг.) в Криворожье были достигнуты значительные успехи в совершенствовании способов отбойки руды и систем разработки. Получила распространение система поэтажного обрушения, внедрены новые методы короткозамедленного взрывания по схеме «Кривбасс-1», повысилась эффективность отбойки руды при очистной выемке. Помимо увеличения выхода руды достигнуто снижение удельного расхода ВВ на вторичное дробление с 80—90 до 38—40 г/т.

В Криворожском бассейне был установлен рекорд проходки вертикального ствола шахты диаметром 7 м: бригада проходчиков за один месяц прошла 160,3 м ствола, превысив на 5,9 м достижение своих коллег, сооружающих Октябрьский рудник

Норильского комбината. Этот успех был обеспечен высококвалифицированной организацией буровзрывных работ.

В бывших демидовских владениях на уральской горе Высокой сотни лет добывали магнетитовую железную руду. Со временем гора «растаяла» и на ее месте образовалась впадина карьера. Но и карьер достиг предельной глубины, и поэтому руда частично добывается подземным способом. На Высокогорском руднике было принято решение: вместо мелких скважин бурить скважины глубиной до 50 м и взрывать одновременно несколько десятков скважин, предварительно создавая компенсационные камеры. В порядке эксперимента на шахте «Магнетитовая» было одновременно взорвано 40 т аммонита и отбито 100 тыс. т руды. В 1959 г. в скважины общей длиной 10 км поместили 190 т аммонита. Взрывом было отбито более 400 тыс. т руды. А летом 1962 г. раздался грохот пятого по счету и рекордного по результатам массового взрыва. В одно мгновение было отбито 1,1 млн т руды. Ее хватило на 1 год работы самому крупному участку шахты. Экономические показатели этого взрыва были таковы, что себестоимость подземной добычи 1 т руды приблизилась к ее себестоимости на карьерах.

Расположенный в Кустанайской области Соколовско-Сарбайский ГОК — это важнейшая рудная база уральской и казахстанской металлургии. Великолепно организована добыча руды открытым способом на Соколовском карьере. Продуманное сочетание эффективных взрывов и средств механизации позволяет на нескольких уступах карьера работать шести-семи экскаваторам. Дальнейшее развитие получила открытая добыча железной руды и на Сарбайском карьере. Оба карьера увеличили мощность ГОКа на 9 млн т железной руды в год. Это достигнуто творческим отношением к технике, в частности взрывной. Так, специалисты ГОКа в содружестве с Казахским политехническим институтом сконструировали расширитель, при помощи которого диаметр нижней части взрывных скважин вместо обычных 243 или 269 мм достигает 350 мм. Этим приемом заряд ВВ увеличивается вдвое и соответственно растет выход горной массы, экономия средств и времени.

Вернемся к началу рассказа о КМА.

В начале 30-х годов на КМА было открыто богатейшее Лебединское месторождение и пройдена опытная шахта в Коробкове.

В годы Великой Отечественной войны на Курской дуге развернулось одно из величайших сражений и вместо мирных взрывов здесь гремела яростная канонада авиабомб, противотанковой артиллерии и инженерных мин. Тяжелый вал войны принес множество разрушений и на КМА; в сущности, все надо было начинать заново. В полном объеме разработка железных руд на КМА развернулась в 1960-е годы. В Программе КПСС, принятой на XXII съезде партии, предусматривалось создание металлургической базы на основе рудных богатств КМА — этой поистине неисчерпаемой массы железных руд, которые почти не нуждаются в обогащении, содержащих до 60 % железа. Запасы КМА простираются далеко за пределы Курской области.

В районе деревни Лебеди взрывами и средствами механизации были произведены колоссальные вскрышные работы, в ходе которых было вывезено свыше 25 млн $м^3$ грунта. В образовавшейся выемке глубиной 100 м начали открытую разработку руд.

Перспективы КМА величественны: по современным геологическим данным, железорудное богатство КМА простирается от Смоленска и Калуги до Ростова-на-Дону мощной полосой, длина которой почти 900 км, а ширина — 250 км. Геологические запасы составляют триллионы тонн железистых кварцитов и до 70 млрд т богатых железных руд. КМА занимает первое место в мире, превосходя по геологическим и разведанным запасам руд любое месторождение на нашей планете.

В этой связи Директивами XXIV съезда КПСС предусматривалось создание нового промышленного комплекса общесоюзного значения на базе минеральных ресурсов Курской магнитной аномалии: намечалось довести добычу железной руды в этом районе примерно до 40 млн т.

Освоение сокровищ КМА стало главным направлением в развитии сырьевой базы черной металлургии. Ныне Курская магнитная аномалия дает больше железной руды, чем ее добывала вся царская Россия.

8.3. ВОЛЬФРАМ И МОЛИБДЕН

Царская фамилия и ее многочисленные княжеские и иные отпрыски, владея огромными площадями земли, использовали их как охотничьи угодья или в лучшем случае как сельскохозяйственные вотчины. Вплоть до конца XIX в. изучение и освоение природных богатств в недрах России было ничтожным. Корунд ввозился с островов Малой Азии, серный колчедан — из Португалии, полевой шпат — из Швеции, алунд — из Норвегии. В 1913 г. Россия закупила в Германии висмута, кадмия, сурьмы, а также препаратов, содержащих редкие элементы, на колоссальную сумму — 1 млн 300 тыс. руб. золотом.

Царская Россия не развивала производства алюминия, вольфрама, молибдена и многих других видов минерального сырья.

Современная индустрия немыслима без таких важнейших компонентов легированной стали, как молибден и вольфрам. Но они не часто встречаются. Только после Великой Октябрьской социалистической революции были выявлены месторождения этих металлов и началась их разработка.

Бурный поток р. Баксан за многие тысячелетия прорезал в горах ущелье, переходящее в долину. В ней раскинулся светлый и нарядный город горняков Тырны-Ауз, что по-балкарски означает «ущелье ветров». Неподалеку, в высотной части скалистого хребта Уллу-Тырныау-Тау, горняки ведут разработку вольфрамо-молибденовых руд.

У подножья хребта — станция воздушно-канатной дороги рудника «Молибден». К площадке сверху спускается вагон. Если на нем подняться вверх на 1000 м, то можно наблюдать, как постепенно город Тырны-Ауз превращается в маленький квадратик. Здесь на высоте 2005 м над уровнем моря находятся шахты, дробильный завод, бункера, из которых руда по подвесной канатной дороге поступает на обогащение. В вагонетках рудничных поездов — куски породы. В них розоватый гранатовый скарн причудливо переплелся с молибденитом: по внешнему виду он напоминает графит, и им легко можно писать, но из него добывают твердый металл с серебристо-белым блеском; небольшая его добавка превращает обычную сталь в высококачественную, молибденовую. И не только это. Молибден нужен и во многих других областях техники.

А вот вольфрамовая руда — кусок породы, как слоеный пирог: слой зеленовато-серого пироксенового скарна с вкрапленным шеелитом, слой белых кварцевых прожилок, слой скарна, слой кварца. Твердый, тяжелый, тугоплавкий, блестящий серо-стальной вольфрам — это инструментальная и магнитная сталь, нити для электроламп, высококачественные краски и многое другое.

Нашей непрерывно развивающейся индустрии таких металлов, как вольфрам и молибден, требуется все больше и больше. Поэтому была поставлена задача — производственную мощность предприятий увеличить в 2,5 раза. Однако, прежде чем приступить к проходке новых шахт и строительству карьеров, необходимо было создать строительную площадку на крутопадающих склонах. От ближайшей дороги до отметки 2620 м, где были намечены контуры площадки, по прямой линии 7 км, но чтобы их преодолеть, надо было проехать 26 км по извилистой горной дороге, но и она заканчивалась в 300 м от выбранного места.

Обычные средства механизации строительных работ в таких условиях бессильны. Единственное действенное средство — ВВ. Северо-Кавказскому Спецуправлению Союзвзрывпрома предстояло в тяжелейших горных условиях взорвать и отбросить в сторону около 1 млн $м^3$ скальных пород и притом таких крепких, как роговики, гранитоиды, мраморы.

В 44 камерах объемом более 4200 $м^3$ было заложено 500 т аммонита. Взаимное расположение и масса зарядов были рассчитаны так, чтобы обеспечить дробление, выброс и сброс максимального объема породы за пределы проектного контура стройплощадок, образуемых взрывом. Кроме этого, требовалось свести к минимуму закольную зону с нагорной части, вздымающейся над площадками, а также создать ровные и строго горизонтальные плоскости этих площадок. Расчет зарядов производился по классической формуле М. М. Борескова.

Были четко определены радиусы зон безопасности. В день взрыва действующий рудник не работал, все люди были удалены за пределы опасных зон.

Взрыв обнажил горизонты площадок. Обрисовались контуры нового «карьера за облаками»... Загрохотали бульдозеры, расширяя дорогу и производственные площадки; в труднейших услови-

ях на высоту 2760 м над уровнем моря по частям был поднят 200-тонный экскаватор, и вот новый карьер «Восточный» уже дает ценнейшую руду, добываемую открытым способом.

Но молибдена потребуется много. Молибденовую руду геологи нашли в Сибири, где построен крупный молибденовый ГОК в районе ранее неизвестного Жирекена, на котором добыча осуществляется также открытым способом. Этому снова помогает созидательный взрыв. Так воплощают в жизнь строки из Директив XXIV съезда КПСС: «Осуществить строительство Жирекенского горно-обогатительного молибденового комбината в Читинской области».

8.4. ЗОЛОТО, НИКЕЛЬ И ДРУГИЕ МЕТАЛЛЫ И МИНЕРАЛЫ

Золото — это всеобщий эквивалент, главное мерило материальных ценностей, самый устойчивый эталон, к которому «примериваются» валюты всего мира. Но золото — это не только кумир финансового мира, это не только материал для ювелиров, оно требуется в тонкой механике, электротехнике, медицине, стоматологии и т. д.

Издавна энергия взрыва используется для добычи золотосодержащих руд. Первые сведения относятся к 1745 г., когда Ерофей Марков нашел первое на Урале золото (ныне Березовское золоторудное месторождение вблизи Свердловска).

При добыче руды, содержащей золото, серебро, медь, олово, свинец, на Змеиной горе в Сибири широко велись «пороховзрывные работы». Только в 1770 г. для этой цели было израсходовано около 10 т пороха.

Впервые бризантные ВВ (динамиты В. П. Петрушевского) были применены для вскрытия золотоносных россыпей на приисках Пермикина в 1867 г. Нестеровский в 1879 г. для этих же целей применял динамит у устья р. Осиновки.

Применяются ВВ для добычи золотосодержащих руд и в наши дни.

В 1965 г. возник поселок геологов и горняков Мурун-Тау. Здесь взрывы прокладывали дорогу к месторождению золота.

Взрывы помогали овладевать алмазными россыпями Якутии.

В столице алмазного края — Мирном в 1958 г. добыты первые алмазы, а в 1961 г. началась разработка новой кимберлитовой трубки «Айхал». Полтора месяца к ней пробивали зимник из Мирного: валили деревья, взрывали скалы.

На Кольском полуострове у городского поселка Никель возвышается гора, на которой расположены шахты и карьеры комбината «Печенганикель». Он был создан на базе старых месторождений никелевых руд, в которых добыча этой ценной руды велась только подземным способом. После Великой Отечественной войны комбинат был создан заново и открытый способ разработки руд стал вытеснять подземный.

К востоку от поселка Никель расположен новый поселок Заполярный, где живут горняки Ждановского медно-никелевого рудника. В 1961 г. здесь были осуществлены взрывы для вскрытия залежей никелевых руд и для добычи их открытым способом. Глубокая выемка у подножья холмов обозначила новый карьер.

К 1971 г. Ждановский рудник стал одним из самых мощных в стране. Перед горняками было много трудностей и одна из них — необычайная крепость слагающих пород.

Другие трудности — сложная структура и близость автодорог и железнодорожного пути — требовали большой осторожности и искусства при использовании силы взрыва. Главный инженер комбината Н. Зверьков предложил моделировать взрывы. Для этого на специальном стенде приготовили миниатюрную модель — макет горного участка. Используя современные средства — сложные приборы, скоростные кинокамеры, точный расчет — исследователи моделировали разные варианты и находили самые оптимальные, технически совершенные и экономически выгодные. Осенью 1971 г. в Заполярном прогремел взрыв колоссальной мощности, которым одновременно было отбито 3 млн т скальных пород.

Двухлетний опыт таких взрывов показал, что в тех случаях, когда рудное тело имеет, кроме сложной структуры, еще и сложную конфигурацию (то выходит на земную поверхность, то «ускользает» под многометровую толщу породы), наиболее оптимальным вариантом являются каскадные взрывы, которыми возможно за один «заход» поднимать до 1,5 млн $м^3$ горной мас-

сы. За счет каскадных взрывов Ждановский рудник в 1972 г. вышел на проектную мощность добычи горной массы, на год раньше намеченного срока.

Взрывная технология по опыту вскрышных работ ждановцев вскоре была освоена и внедрена на многих рудниках Министерства цветной металлургии СССР.

Уступы карьера при этом сохраняются, а около 1 млн $м^3$ взорванной породы и руды лежат ровным, равномерным, удобным для экскавации слоем; все это и составляет суть каскадного метода взрыва.

В таких же условиях, примерно на одной параллели, но за тысячи километров восточнее, никель добывают и норильчане. В ходе строительства рудника «Комсомольский» в 1968 г. для вскрытия вечной мерзлоты на месте будущего фундамента надшахтного здания и башенного копра они решили использовать силу ВВ. Опасаясь повреждений находящихся вблизи объектов, ограничили массу каждого заряда до 57 кг. Но при этом варианте на подготовку и проведение взрывных работ потребовалось бы 4 месяца. Это не устраивало строителей. Изучив опыт взрывных работ на крупных стройках страны, инженеры приняли смелое техническое решение — увеличить отдельные заряды до 1300 кг аммонита. Риск был исключен, так как был принят ряд мер предосторожности. С помощью взрывов крупных зарядов только за один месяц в вечной мерзлоте был создан огромный котлован под фундамент сооружений.

В Директивах XXIV съезда КПСС говорится, что норильчане должны «значительно увеличить производство меди и никеля на Норильском горно-металлургическом комбинате» и им заведомо не обойтись без обмена опытом взрывных работ с комбинатом «Печенганикель», что и было реализовано.

На Лениногорском полиметаллическом комбинате (Казахстан) ведется разработка свинцово-цинковых руд. В сентябре 1972 г. здесь можно было слышать раскаты сильных взрывов. Это под руководством канд. техн. наук И. Ерофеева отрабатывалась методика комплексной механизации взрывных работ с помощью новых механизмов для погрузки, транспортирования и зарядки ВВ на карьере. Их внедрение позволило сэкономить сотни тысяч рублей.

Проблемой механизации взрывных работ много занимались и на Заряновском свинцовом комбинате. В результате упорных поисков новаторов был создан, освоен и внедрен в серийное производство на Востокмашзаводе зарядчик «Зыряновск». Обслуживаемый одним человеком, он способен зарядить скважину взрывчаткой всего за 1 мин.

Летом 1973 г. в Казахстане был установлен новый всесоюзный рекорд производительности труда горняков, установленный бригадой Геннадия Теплова на руднике «Глубоком» Ачисайского полиметаллического комбината. В этой бригаде средняя выработка доведена до 258 т руды на человека за смену.

Это достижение стало возможным после того, как цикличный выпуск руды заменили непрерывным. Обычно после уборки обрушенной руды начинается бурение скважин. Здесь же бурильщики выделены в специализированное подразделение, и буровое оборудование действует почти непрерывно, создавая заблаговременно широкий фронт подготовленной к выемке руды. Когда очистная бригада занята уборкой обрушенной горной массы, тут же одновременно идет зарядка скважин взрывчаткой, а взрывание осуществляют в междусменный перерыв.

Добыча оловянной руды тоже не обходится без ВВ. В Приморском крае на «Центральном» руднике Хрустальненского комбината 26 июня 1968 г. одним взрывом было отбито в недрах Сихотэ-Алиня 25 тыс. т оловянной руды.

На одном из горных предприятий Приморья в результате исследований инженеры разработали новую технологию крупноблочной отбойки руд. В августе 1971 г. на карьерах прозвучал первый мощный взрыв, которым одновременно было отбито 120 тыс. т руды.

8.5. ВЗРЫВЫ — СТРОИТЕЛИ ДОРОГ

Взрывные работы, которые ведут в ходе дорожного строительства, связаны с другими областями использования ВВ.

Коммуникации необходимы и к строительным площадкам гигантских ГЭС, и к открытым разработкам полезных ископаемых — везде, где начинается планомерная созидательная деятельность человека, требующая большой энерговооруженности.

Использование энергии взрыва в дорожном строительстве получило большой размах еще в годы первых пятилеток. Созидательные взрывы гремели на Турксибе, на железнодорожных трассах Чимкент—Ташкент, Новосибирск—Ленинск-Кузнецкий—Темир-Тау, Москва—Донбасс, Байкал—Амур, на стройках Уралжелдорстроя, Сибжелдорстроя.

При строительстве дорог имеют особое значение взрывные работы для устройства глубоких выемок и тоннелей. Так, для создания выемки длиной 225 м через Бархатный перевал на трассе железной дороги, ведущей к Учанскому угольному месторождению, был произведен взрыв зарядов 257 т ВВ.

При прокладке дорог через болота возникали технические трудности, и так называемый метод Шталя не давал необходимых результатов.

В 1926 г. при постройке автодороги в штате Миннесота (США) был применен способ посадки насыпи с помощью зарядов ВВ, взрываемых под основанием насыпи, отсыпанной прямо на верхнюю корку болота.

Заинтересованные в расширении спроса на ВВ, американские компании «Дюпон де Немюр» и «Геркулес» широко рекламировали этот метод в печати.

В 1935 г. американский способ без изменений был использован на строительстве автострады в Германии.

В 1936 г. впервые в СССР метод взрывной посадки насыпи на болоте был применен на строительстве автомагистрали Москва—Минск. Однако американский метод подвергли проверке и был выработан новый, отвечающий нашим условиям.

В последующем взрывные работы на болотах приобрели большой размах.

В горах Кунгей-Ала-Тау на высоте 4000 м лежат отличные пастбища Челек. Летом на субальпийских лугах пасутся многочисленные отары овец. Но с наступлением зимы чабаны оказывались отрезанными от Большой земли, так как на пути вставал неприступный перевал Сютты-Булак. И вот на перевале загрохотали взрывы. В 1956 г. в горах прозвучал последний взрыв. Через Сютты-Булак пролегла широкая дорога.

Летом 1956 г. началась укладка вторых путей Печорской железной дороги. Строители вторых путей продолжали подвиг

тех, кто в годы Отечественной войны через тайгу и тундру проложил железнодорожную магистраль.

В декабре 1957 г. был открыт кратчайший путь хакасской руде к домнам Кузнецкого комбината. Сотни километров Южно-Сибирской магистрали пролегли через топкие болота и тайгу Горной Шории, через скалистые хребты Кузнецкого Ала-Тау и степи. На пути строителей встретились отвесная скала, спускающаяся к р. Томь. Взрывники Желдорвзрывпрома заложили в нее 30 т аммонита. Взрыв — и гранитный утес рухнул. Взрывники «разделали» немало скал, добыли взрывами множество строительных материалов.

От города узбекских угольщиков Ангрена берет начало дорога на Коканд. На 41-м километре — перевал Камчик. В труднейших условиях высокогорного района взрывники сделали перевал доступным для автомашин.

Многие месяцы строители дороги Фрунзе—Ош ждали этого момента. И днем, и ночью на высоте 3200 м пробивались они сквозь толщи пород Ала-Тау, чтобы соединить прямым тоннелем северную и южную Киргизию: проходку вели с двух сторон. Условия были сложные. Нередко бурильщики-взрывники Беззубцев, Горпиненко и другие часами стояли в ледяной воде, пробуривая шпуры и закладывая аммонал... Инженер Сеитов включил ток, и в штольне раздался взрыв, который завершил сбойку самого высокогорного в нашей стране тоннеля под перевалом Тюя-Ашу. Тоннель вступил в строй в 1963 г.

Вся страна следила за ходом строительства стальной магистрали Абакан—Тайшет. Она начинается в Башкирии, пересекает Южный Урал, Магнитку, Целинный край, Алтай и, перерезав Саяны, соединяется у станции Тайшет с Транссибирской магистралью. 2 февраля 1962 г. 600 т взрывчатки взметнули над тайгой десятки тысяч кубометров скального грунта. Взрыв перечеркнул горный перевал у новой железнодорожной станции Тарбинская. 26 января 1965 г. на трассе Абакан—Тайшет было уложено последнее звено железной дороги.

В 1966 г. взрывные работы велись на строительстве автомагистрали Братск—Усть-Илимск.

Летом 1968 г. на трассе автомагистрали Алма-Ата—Талды-Курган мощный взрыв поднял в воздух скалу и обрушил на предназначенное место 0,5 млн $м^3$ породы.

Из многих горных автодорог Армении главной считают ту, которая ведет из Еревана через Севанский перевал с юга на север. С осени до весны туманы, гололед и снегопады делают здесь движение крайне опасным, нередко срывают плановые перевозки. В 1972 г. в сложнейших гидрогеологических условиях полным ходом вели буровзрывные работы первоклассные проходчики 8-го отряда Главтоннельметростроя. Они прокладывали под Севанским перевалом автодорожный тоннель длиной более 2 км.

А до этого под Пушкинским перевалом, где раньше на дороге из Еревана в Тбилиси нужно было преодолеть около сорока головокружительных поворотов с крутыми подъемами и спусками, в 1971 г. началась эксплуатация пробитого взрывниками тоннеля и путь сократился почти вдвое.

У села Меградзор, в ущелье р. Архошан, в 1972 г. началось сооружение самого протяженного в стране железнодорожного тоннеля — длиной 8,5 км. Через этот тоннель прошла трасса стальной магистрали — прямого выхода из Южного Закавказья к центральным областям страны.

В 1970 г. взрывы гремели на Приморском шоссе от Адлера до Анапы, где расширялось его полотно, ликвидировались зигзаги; пробивались тоннели через высокие отроги на трассе Майкоп—Дагомыс.

Осенью 1970 г. отгремели взрывы в Алтайских отрогах, где через крутые склоны и густую тайгу проложили дорогу к высокогорному курорту «Рахмановские ключи», знаменитому своими радоновыми источниками.

На трассе Братск—Лена в обход рудного тела Коршуновского ГОКа в мае 1971 г. была произведена сбойка железнодорожного тоннеля.

Осенью 1971 г. началось сооружение четырехкилометрового тоннеля на автотрассе под наиболее высокой и труднопроходимой частью Гиссарского горного хребта в Таджикистане. Дорога из Душанбе получила кратчайший выход в северные районы республики.

В конце 1972 г. «Союзвзрывпром» произвел замечательный по точности направленный взрыв 552 т ВВ, заложенных в 9 минных камерах. Им была создана дамба для транспортной связи берегов р. Ах-Су. После пуска первой очереди Чиркейской ГЭС до-

рога, проложенная по гребню дамбы, стала единственной транспортной магистралью, связывающей этот район Дагестана с богатейшими пастбищами на правобережье Ах-Су. Этот взрыв примечателен и тем, что были использованы силы гравитации, а также тем, что им была создана самая высокая в СССР транспортная дамба со средней высотой 91 м (до начала прокладки дороги).

В 1973 г. с помощью взрывов проложили 40 километров дороги в высокогорную долину Угам между хребтами Юго-Западного Тянь-Шаня.

В этом же году была завершена проходка тоннеля под древней Дербентской крепостью, который значительно улучшил автомобильное сообщение между центральными и южными районами Дагестана.

За рубежом взрывчатые вещества широко использовались при прокладке под горой Монблан тоннеля, соединившего автострадой Францию и Италию. Строительство этого тоннеля длиной 11,6 км, законченного в 1965 г., длилось шесть лет.

На линии Флоренция—Рим к 1973 г. закончена проходка нескольких тоннелей общей длиной 30 км. Один из них считают самым длинным (5375 м) железнодорожным тоннелем в Западной Европе.

Между основными островами Японского архипелага Хонсю и Кюсю были проложены железнодорожный и автомобильный тоннели. Однако они перестали справляться с возрастающими потоками транспорта. В 1970 г. здесь начали вести работы по прокладке нового ж.-д. тоннеля длиной 18,7 км под дном Каммонского пролива. Летом 1974 г. была закончена выемка скального грунта.

У японских инженеров на очереди встала более сложная проблема — связать тоннелем острова Хонсю и Хокайдо. После его открытия он стал самым длинным подводным тоннелем мира протяженностью 54,2 км.

8.6. ВЗРЫВЫ ПРОТИВ ЛАВИН И СЕЛЕЙ

Легкий пушистый снежок, появление которого приветствует множество людей и особенно лыжников, в гористой местно-

сти, накапливаясь на склонах, становится причиной катастрофических лавин. О том, что с собой несут лавины, дают представление следующие факты.

Материальный ущерб, причиненный лавинами в Швейцарии только в 1951 г., перевалил за 25 млн швейцарских франков. В этой же стране в январе 1954 г. в течение суток лавины снега засыпали 27 человек. В Австрии на траурном заседании парламента было объявлено о гибели под лавиной 132 человек.

Лавина, движущаяся по склонам гор, увлекает на своем пути все новые массы снега, объем которых нередко достигает 1 млн $м^3$. Сила удара у подножья склона чудовищна: она может достигнуть 100 т на 1 $м^2$.

В Советском Союзе в горных лавиноопасных районах для безопасного (профилактического) обрушения лавин, без риска понести человеческие жертвы, жителей эвакуируют из угрожаемых участков, а затем производят взрывы ракет, мин, петард и зарядов ВВ. Возникающая при этом ударная волна сбрасывает лавины в ущелья или пропасти. Так, 21 января 1971 г. у высокогорной дороги Фрунзе—Ош взметнулся гигантский снежный фонтан. Огромная масса снега и камней под действием направленной взрывной волны рухнула на дно ущелья. Сотрудники снеголавинной станции Тюя-Ашу этим взрывом обезопасили от лавин поток автомобилей на горной дороге.

В ряде случаев использовать такой метод обрушения лавин небезопасно. На пути лавины могут оказаться селения, карьеры, дорожные сооружения, линии связи и, хотя дело может обойтись без человеческих жертв, наверняка будут причинены разрушения и материальный ущерб. В этой связи разработаны проекты создания на лавиноопасных склонах котлованов-ловушек лавин, чтобы массы снега обрушались не на сооружения, а поглощались ловушками.

Сель по-арабски означает бурный поток. Это слово приводит в ужас жителей горных районов Австрии, ФРГ, Италии, Франции, Японии, Северной и Южной Америки. С тревогой произносят его горцы Кавказа, Карпат, Урала, Казахстана, Средней Азии.

Предвестник селевой катастрофы — либо очень сильные ливни, либо интенсивное таяние снега или ледников. Если к тому же на горных склонах накопилось много мелких скальных

обломков, камней, легкосмываемого грунта, то на лицо три основных условия образования селей.

В засушливых горных районах под влиянием выветривания накапливается много рыхлых пород — тем больше, чем реже идут ливневые дожди. И тем легче вся эта масса смывается со склонов, когда, наконец, пройдет сильный ливень. Тогда с гор низвергается мощный поток, насыщенный грязью, гравием, песком, глиной, щебнем и крупными камнями. Со скоростью 15—25 км/ч несет на себе вода эту «каменную флотилию», сметая все на своем пути. Но вот страшный поток схлынул, и кажется, будто местность подверглась обстрелу ядрами из гигантских орудий — отдельные глыбы, принесенные селем на поля, весят десятки тонн. Достаточно сказать, что во время катастрофы 1921 г. на Алма-Ату и пригороды было вынесено около 1,5 млн $м^3$ камней массой свыше 3 млн т.

Основатели г. Верного (как в свое время называлась Алма-Ата) выбрали для него не совсем удачное место. Он расположен на конусе выноса отложений многих предшествующих селей, возникавших в русле р. Малой Алмаатинки. В этой связи еще в 1952 г. правительство Казахской ССР поручило Гипроводхозу разработать проект защиты города от селей.

Было разработано три проекта сооружения неподалеку от знаменитого катка Медео плотины, которая навсегда преградила бы путь катастрофическим селям: каменнонабросной, железобетонной, земляной.

Каждый из этих трех проектов для своего осуществления требовал очень много сил и средств и, что самое существенное, строительство растянулось бы на несколько лет, а сели могли не только не ждать конца, но и разрушить начатые работы.

К этому времени в нашей стране был накоплен и обобщен большой опыт строительства плотин с помощью направленных взрывов. Четвертый — «взрывной» вариант плотин был разработан Союзвзрывпромом.

Проект такого уникального взрыва, естественно, вызвал ряд вопросов, и в том числе — как отразится мощный сейсмический толчок взрыва на городе Алма-Ате? Не причинят ли ущерб ударная волна и газообразные продукты взрыва? Не будет ли разрушен водосбросный тоннель?

Разумеется, все эти вопросы требовали объективного изучения, исследования и технически обоснованного решения. Но, к сожалению, «взрывной» проект встретил некоторых «априорных» противников. Поэтому проект обсуждался на многих совещаниях с участием крупных ученых страны, в том числе академиков Н. Н. Семенова. М. А. Лаврентьева, М. А. Садовского, Н. В. Мельникова, С. А. Христиановича и других. Несмотря на положительное мнение этих ученых, противники проекта выдвигали ряд возражений: что образованная взрывом плотина обезобразит природные красоты Заилийского Алатау, что в результате взрыва в Алма-Ате произойдет разрушительное землетрясение силой не менее 8 баллов и т. д. Начатые подготовительные работы (проходка выработок) в 1958 г., по существу, были законсервированы. Трудно сказать, как долго длилась бы консервация, если бы 7 июля 1963 г. в Заилийском Алатау не возник чудовищный сель. Этой селевой катастрофой изумительное озеро Иссык было стерто с лица земли... Грозный урок и предостережение природы послужили поводом, чтобы снова вернуться к «взрывному» проекту.

Уже к концу 1963 г. подготовительные работы вчерне были закончены.

Однако противники «взрывного» варианта продолжали рисовать мрачные картины катастрофических последствий: шутка ли — взрыв 5,5 тыс. т ВВ! Снова и снова производились точнейшие расчеты, были гарантированы радиусы безопасности: по разлету осколков породы — 2,5 км, по опасным сейсмическим волнам — 3 км и по газовой и ударной волне — 9 км.

Наконец, после длительных научных дискуссий летом 1966 г. Президиум Академии наук СССР вынес решение о сооружении селезащитной плотины взрывным способом, а вскоре Совет Министров Казахской ССР создал правительственную комиссию по осуществлению взрыва.

22 сентября 1966 г. началась зарядка камер взрывчаткой. По графику и по строго определенному маршруту вереницы грузовых машин в сопровождении эскорта мотоциклистов перевозили ВВ. К 19 октября в камеры было заложено 5294 т тротила и аммонитов. К концу этого же дня из опасной зоны было эвакуировано население, вывезено имущество и скот.

Президиум Академии наук СССР, вынося решение о целесообразности «взрывного» варианта, указал на необходимость широких научных исследований уникального взрыва, которые были поручены Институту физики Земли АН СССР (нач. экспедиции А. Ромашев, нач. отряда — Б. Меловатский).

Был создан комплекс из 12 кинокамер, в том числе скоростных, аэро- и наземной фотоаппаратуры, в частности обеспечивавших стереоскопию съемки, помещенных в защитных сооружениях вблизи эпицентра взрыва и дающих точную и многоплановую фиксацию всей «биографии» взрыва.

Одной из основных задач экспедиции было тщательное определение сейсмического воздействия взрыва. Для его прогнозирования был привлечен крупный специалист в области сейсмики — академик М. А. Садовский. Его прогноз по безопасности взрыва для Алма-Аты был благоприятным. Для регистрации фактического распространения ударной волны в зоне радиусом 300 км было оборудовано 30 временных пунктов, на которых было установлено более ста сейсмографов и были привлечены все стационарные сейсмические станции Советского Союза.

Запуск киноаппаратуры и сейсмографов производился автоматически. Для оповещения удаленных станций о начале взрыва, а это было необходимо, так как его момент зависел от метеоусловий — в программу радиостанции была включена в качестве условного сигнала музыка — Первый концерт Чайковского для фортепьяно с оркестром. Когда в радиоприемниках зазвучали величественные аккорды, до взрыва оставалось 9 мин. Ровно за минуту до взрыва музыка оборвалась и в эфир пошел сигнал — приказ включить аппаратуру. За 5 с наступила полная тишина.

Ровно в 11 ч 00 мин 21 октября 1966 г. начальник минной станции нажал кнопку взрыва...

Рассмотрим фазы этого выдающегося созидательного взрыва правого склона горы в урочище Медео.

В момент нажатия кнопки сработали электродетонаторы (ЭД) мгновенного действия и были задействованы ЭД замедленного действия. Произошел взрыв первой очереди — четырех (вспомогательных) зарядов общей массой 1690 т. Нижняя часть склона вспу-

чилась и через 2 с в его теле появились трещины, через которые начали прорываться струи раскаленных продуктов взрыва. Через 3 с взрыв отделил нижнюю часть склона высотой около 100 м и обрушил ее в тело плотины. Образовался крутой откос, по которому началось сползание верхней части склона, расположенной непосредственно над основным зарядом.

Рассмотрим задачи, которые были выполнены при взрыве 1690 т вспомогательных зарядов. Во-первых, они выполнили часть работы обрушения горной породы в тело плотины. Но не в этом была их главная задача. Во-вторых, как известно, масса зарядов пропорциональна кубу радиуса разрушения R и то, что вспомогательный заряд сбросил часть разрушенной породы и обнажил новую поверхность со значительно меньшей линией наименьшего сопротивления, означает, что основной заряд можно было уменьшить пропорционально кубу с ребром R и тем самым получить значительную экономию ВВ. Главной функцией вспомогательных зарядов было выполнение роли «регулировщика движения» породы, разрушенной основным зарядом. Это и составило сущность направленного взрыва.

Между тем, когда в 11 ч 00 с была нажата кнопка взрыва, были задействованы и ЭД замедленного действия (ЭДЗД), уложенные в основной заряд массой 3604 т. Замедлители ЭДЗД «тлели» 3,56 с, ибо именно через такой промежуток времени после вспомогательного произошел взрыв основного заряда.

Через 8 с после нажатия кнопки раскаленные газы основного заряда вырвались в атмосферу, разорвавши около 100 м толщи гранита; нижняя часть склона высотой около 200 м обрушилась, а вслед за этим верхняя часть склона быстро сползла вниз.

Через 30 с облако раскаленных продуктов взрыва распространилось вниз по ущелью примерно на 800 м.

Грибовидная масса огненно-дымного облака стала подниматься вертикально вверх, образовав своеобразную вытяжную трубу, по которой вредные газы продуктов взрыва были выброшены чуть ли не в стратосферу и тем самым естественная вентиляция избавила Алма-Ату от заноса ядовитых газов.

При взрыве полностью оправдались прогнозы сейсмического воздействия взрыва: колебания в черте города были совершенно

безопасны и для зданий, и для населения. Сила взрывчатки сработала с исполинским размахом и математической точностью: в предназначенное место было уложено около 2 млн $м^3$ гранита, образовавших плотину шириной в основании 400 м и высотой 62 м.

Проходческие работы на левом берегу р. Малая Алмаатинка продолжались до весны следующего года. В гранитной скале было пройдено 10 камер, в которые было уложено 3941 т ВВ. По проекту этого, второго взрыва (научные консультанты академики М. А. Садовский, М. А. Лаврентьев, д-ра техн. наук Г.И. Покровский и М. М. Докучаев) заряды взрывали в 3 серии, в 11.00 ч 14 апреля 1967 г. было взорвано 779 т, через 150 мс — 337 т и через 2 с — 2825 т ВВ.

Ювелирный взрыв опрокинул на ранее возведенное тело 62-метровой плотины более 1 млн $м^3$ горных пород, нарастив плотину еще на 30 м.

Река Малая Алмаатинка, веками прорывавшая коварное ущелье в хребте Заилийского Алатау, в считанные минуты становившаяся источником катастрофических селей, навеки перекрыта гигантской плотиной высотой 100 м, шириной в основании около 600 м и по гребню более 100 м. Алма-Ата прикрыта надежным каменным щитом!

Но... надежен ли этот щит? А что, если (как утверждали противники «взрывного» варианта плотины) могучий сель своим гигантским ударом разрушит плотину? Ведь в этом случае материал самой плотины на 2 млн $м^3$ увеличит грозную силу селя?

И час такого испытания настал...

Летом 1973 г. на юге Казахстана установилась жаркая погода, которая вызвала интенсивное таяние горных ледников. Горное озеро в районе ледника Туюк-Су переполнилось, и 15 июля в 15 ч 15 мин вода хлынула в долину. Низвергаясь с высоты скал Заилийского Алатау, все сметая на своем пути, увлекая за собой валуны, камни, гальку, грунт, вырывая с корнями вековые деревья, вода образовала сокрушающий вал, который, порой достигая высоты в несколько десятков метров, с бешенной скоростью устремился в сторону Алма-Аты. Вспомним, какие ужасные последствия имели здесь место в 1921 г. А ведь тогда каменная ла-

вина, которая пересекла почти всю Алма-Ату и вызвала огромные разрушения, имела объем только 1,2 млн м^3.

Трудно представить себе масштабы катастрофы, которую мог вызвать чудовищный поток объемом 5 млн м^3! И этот ужасный сель успел себя проявить.

Перед базой туристов «Горельник» стоял первый заслон — монолитный каркас из стали и бетона. Поток стер его с лица земли, как волосы бритвой. Многотонные глыбы камней летели в воздухе, как мелкие камешки. Одна из глыб своим ударом сдвинула корпус здания с фундамента на несколько метров. А дальше, перед спортивным комплексом Медео, возвышалась гранитная плотина шириной в основании более полукилометра и высотой 100 м. Она нерушимо преградила путь селевой стихии, образовав огромную чашу селехранилища. Это был тот самый «каменный щит», созданный силами направленных взрывов, проект которого так яростно атаковали противники «взрывного» варианта.

Хотя плотина и приняла на себя всю ярость усмиренного ею селевого потока, тем не менее сюда была брошена мощная техника. В течение двух недель из чаши селехранилища было выкачано почти 6 млн м^3 воды, укреплялась сама плотина, выдержавшая сокрушительный удар. Однако каменные и грунтовые наносы заметно уменьшили вместимость чаши.

К селеопасному периоду 1974 г. плотина поднялась еще на 10 м, а в дальнейшем высота каменного щита Алма-Аты достигла 145 м, емкость селехранилища была доведена до 12 млн м^3. Для этого в тело «старой» плотины надо было уложить еще 3,5 млн м^3 скалистого грунта.

Осенью 1973 г. взрывники Казахвзрывпрома начали в карьерах Медео взрывную разработку скал для наращивания плотины. Одновременно в сопке «Мохнатая» шла проходка штольни с двумя камерами. Взрыв сотен тонн ВВ положил под ковш экскаватора почти 0,5 млн м^3 раздробленной скалы. Слово «взрыв» настолько прочно вошло в человеческий лексикон и приобрело настолько широкое разнообразие смысловых оттенков и значений, что сказать это слово без пояснений — явно недостаточно для понимания, о чем идет речь.

Действительно, мы давно уже привыкли к таким сочетаниям, как «социальный взрыв», «демографический взрыв», «взрыв

негодования», «катастрофический взрыв», «взрыв аплодисментов», «взрыв страстей», «взрыв галактики» и так далее.

Хотя эти понятия относятся к различным и несовместимым категориям, тем не менее их объединяет то общее и характерное, что свойственно общему, широкому понятию «взрыв», при котором имеет место резко выраженный скачок — переход из одного состояния в другое, когда количество переходит в новое качество, когда совершается переход в новую фазу развития.

В последнем смысле можно наблюдать то, что само чисто техническое понятие «взрыв» переходит тот диалектический рубеж к качественно новому состоянию, которое можно было бы назвать взрывом взрывов.

Смысл этого утверждения состоит в том, что на протяжении многих веков порох имел только военное предназначение и лишь изредка, эпизодически, применялся в созидательных целях. Начав более 400 лет назад свою «карьеру» в горной промышленности, мирные взрывы во второй половине XIX в. с развитием индустрии и с появлением новых, отличных от пороха ВВ начинают систематически применяться в добывающей промышленности для разработки полезных ископаемых, а затем, широко распространившись, прочно вошли в практику строительства гидротехнических, ирригационных, дорожных, заводских и других сооружений, начиная с геологической разведки и нулевого цикла (т. е. создания площадок для оснований и фундаментов), проходки шахт, штолен, прокладки газо- и нефтепроводов, тоннелей, вплоть до возведения грандиозных плотин; шагнули в сельское хозяйство; начали солидно обосновываться в металлургии, металлообрабатывающей промышленности, в градостроительстве. В наше время взрыв (как средство эксперимента, как его объект и субъект) стал незаменимым помощником ученых и инженеров на новых направлениях научного поиска. Все это оказалось возможным лишь в результате перехода количества в качество: огромная мощь ВВ, достигнув высокой степени управляемости, стала тонким и точно регулируемым инструментом воздействия на предмет обработки, объект или среду.

Мы уже почти привыкли к тому, что появляются все новые и новые профили использования ВВ, мы, как само собой разумеющееся, стали говорить о 1001-й профессии взрыва.

9. КАТАСТРОФЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ПРИМЕНЕНИИ ПОРОХОВ И ДИНАМИТОВ

По множеству причин из-за незнания свойств ВВ, по беспечности, из-за вольных или невольных нарушений технологии или правил безопасности, по диверсиям — мир становился свидетелем увеличивающихся со временем по своей силе, порой огромных по последствиям непреднамеренных или неожиданных катастрофических взрывов.

История взрывов сохранила статистику и хронологию катастроф и несчастных случаев.

Первые катастрофические взрывы происходили там, где изготовлялся и накапливался порох, т. е. на пороховых заводах. Летописи донесли до нас сведения о том, что в 1422 г. во время княжения Василия Дмитриевича «от пороху погоре Москва». В 1531 г. «загореся внезапу зелье пушечное на Москве, на Успенском овраге». Это возгорание и взрыв повлекли за собой гибель более 200 «делателей тех от зелия того».

В 1696 г. произошел взрыв 72 пудов пороха на Нижней Пороховой мельнице, в 1762 г. сильный взрыв случился на пороховом заводе Клюева.

Большое число взрывов произошло на старом Охтинском заводе в Петербурге: здесь с 1715 по 1890 гг. зарегистрировано 92 взрыва, во время которых погибло 104 и ранено около 210 человек. Наиболее ужасным был на этом заводе взрыв 1500 пудов пороха 19 августа 1858 г.: 7 заводских зданий взлетели на воздух, целиком превратившись в груды щебня, было сильно повреждено 166 других зданий. От взрыва и под развалинами погибло 36 и тяжело ранено 37 пороходелов. Ударной волной,

прокатившейся по всему Петербургу, сплошь были разбиты стекла в радиусе 5–6 верст (вплоть до Смольного и Таврического), даже в 22 км от эпицентра несколько стекол было вышиблено на Пулковских высотах.

Взрывы происходили во время перевозок и перегрузок. Так, в 1854 г. в Уэлмингтоне взорвался вагон черного пороха. Взрыв буквально испепелил пять грузчиков.

В 1864 г. в Сити-Пуанте на пристани неожиданно раздался страшный взрыв: это взорвалась огромная баржа, нагруженная порохом. Жертвами катастрофы стали 58 убитых и 126 раненых.

Взрывы происходили на складах ВВ. Так, 18 февраля 1857 г. в Майнце взорвалось 570 пудов пороха, хранившихся на складе. Погибло несколько десятков человек.

В 1863 г. в США при взрыве подземного хранилища 32 000 английских фунтов пороха погибло 30 человек.

Происходили взрывы и на местах производства работ.

С тех пор как черный порох стали повсеместно использовать в горной промышленности, она стала одним из важнейших потребителей ВВ. Взрывные работы в угольных шахтах иногда были причиной опасных взрывов смесей воздуха с метаном или угольной пылью.

П.П. Малиновский в труде «Пороховые взрывы» проанализировал причины взрыва на Охтинском заводе, поставил и решил задачи, связанные с исследованием причин взрыва, его действия и определением безопасных расстояний.

Для проверки выводов П.П. Малиновского по предупреждению несчастных случаев была создана комиссия генерала Яфимовича. Однако ни предложения комиссии, ни предложения П.П. Малиновского реализованы не были и 16 июня 1864 г. на Охтинском заводе снова произошел взрыв 6500 пудов пороха.

В том же 1864 г. после катастрофического взрыва склада пороха в Эресте (близ Лондона) по постановлению палаты общин была создана особая комиссия полковника Боксера для рассмотрения причин катастрофы и ее последствий. Комиссия представила палате общин свои выводы, которые были опубликованы и приняты к руководству. Заметим, что П.П. Малиновскому царская цензура запретила опубликовать его выводы полностью.

С ростом добычи угля и переходом на более глубокие горизонты возросло содержание метана в шахтах, поэтому в конце прошлого столетия возросло число катастроф. Так, с 1881 по 1887 гг. во Франции было зарегистрировано 95 взрывов с большим числом жертв.

Для исследования их причин во Франции, Англии, Бельгии и в других странах были созданы специальные государственные комиссии.

Комиссии пришли к выводу, что в угольных шахтах могут применяться только безопасные по отношению к угольной пыли и метану ВВ, предельная температура которых при работе по углю не превышала бы 1700°С и по пустой породе — 1900°С.

В результате было отобрано три вида безопасных ВВ: гризутины, гризуниты и порох Р. Все они содержали аммиачную селитру, чем обеспечивалась низкая температура взрыва.

В 1892 г. Горный департамент России выпустил специальные правила, регламентировавшие допуск ВВ в шахты.

В 1906 г. в шахте «Курьера» на севере Франции произошел один из самых сильных взрывов угольной пыли: в результате этой катастрофы погибло 1099 из 1664 шахтеров, находившихся под землей.

Сила взрыва была такова, что шахту пришлось восстанавливать более двух лет.

Конгресс прикладной химии в 1906 г. рекомендовал антигризутные ВВ — более безопасные аммониты, которые начали вытеснять черный порох и динамит с большим содержанием нитроглицерина. Замена нитроглицериновых ВВ аммонитами резко снизила число несчастных случаев при подземных работах, но полностью устранить катастрофы не удалось.

На шахте № 4-бис (Донбасс) в 1908 г. при взрыве метана погибло 270 человек из 406, находившихся в шахте.

Первые испытания ВВ, применявшихся в горном деле в России, были проведены в 1910 г. проф. А.А. Скочинским, который установил, что предельные температуры взрыва (1500 °С при взрывании по углю и 1900 °С — по породе) не являются критерием для допуска и что каждый новый вид ВВ надо испытывать в опытных штольнях.

Этот важнейший вывод А.А. Скочинского не был реализован повсеместно, и неудивительно, что через 3 года в английской шахте «Универсал» произошел взрыв метана и угольной пыли, при котором погибло 439 шахтеров.

Причинами катастроф было также самопроизвольное разложение бездымных порохов на основе нитроклетчатки. Так, на французском броненосце «Иена» в 1907 г. и на броненосце «Либерте» в 1911 г., где пороха хранились под машинным отделением и температура была повышенной, произошли их взрывы. При взрыве на «Либерте» погибло более 200 матросов и офицеров. После других взрывов в аналогичных условиях в пороха стали вводить добавки, замедляющие их разложение. Было запрещено хранить порох в помещениях, близко расположенных от котельных и машинных отделений, и более установленного срока.

Причиной взрывов были и нарушения правил противопожарной безопасности. В 1893 г. в испанской гавани Сантандер от брошенного окурка загорелся пароход. Так как на нем в числе других был груз динамита, то его стали немедленно перебрасывать на берег. Пожар разрастался и, как бывает в подобных случаях, собралась большая толпа любопытных. Капитан парохода сообщил, что весь динамит разгружен, забыв в панической обстановке, что в одном из трюмов осталось около 30 т динамита. Когда огонь дошел до этого трюма, раздался взрыв. Половина парохода взлетела на воздух и градом осколков и обломков, рухнувших на толпу, было убито 510 и ранено около 2000 человек.

В годы первой мировой войны причинами катастроф были акты саботажа и диверсий.

Особенно катастрофическим был взрыв парохода «Мон-Блан», происшедший в 1917 г. в гавани канадского порта Галифакс. При столкновении этого парохода с другим пароходом на одной из бочек с горючим, находящейся на палубе, появился синий язычок пламени. Возник пожар. Вскоре команда перестала его тушить и стала панически покидать борт корабля. «Мон-Блан» охватило пламя. Неожиданно над горящим судном взметнулся стометровый огненный столб и чудовищный взрыв потряс окрестности порта. Только команда взорвавшегося судна и портовые власти знали, что в трюмах «Мон-Блана» находился груз взрывчатки.

Дождь кусков раскаленного металла вызвал в городе многочисленные пожары. Большинство находившихся в порту кораблей было сорвано с якорей и выброшено на берег. Взрывная волна дошла до города Труро, который был в 60 милях от Галифакса.

Катастрофа унесла более 1800 человеческих жизней. Ранено было 8000 человек и множество пропало без вести. Взрывом и пожаром разрушено 1600 различных зданий и сооружений. Десятки тысяч людей остались без крова.

Этот взрыв по числу жертв и разрушений был самым страшным в истории человечества до тех пор, пока летчики США не сбросили атомные бомбы на Хиросиму и Нагасаки.

После первой мировой войны немецкие реваншисты под всякими благовидными предлогами восстанавливали и развивали свою военную промышленность. Одним из крупнейших химических предприятий был завод минеральных удобрений в Оппау. В числе другой химической продукции завод производил смесь аммиачной селитры и сернокислого аммония. Так как эта смесь пользовалась спросом только осенью, то на заводе скапливалась почти годовая его продукция. При длительном хранении смесь слеживалась, как камень. Ее начали дробить взрывным способом. Ни предварительные испытания, ни ряд подрывов камнеобразной массы не вселяли тревоги или опасений взрыва.

Утром 21 сентября 1921 г. при очередном подрыве неожиданно сдетонировала вся масса готовой продукции. Склад и завод взлетели на воздух. На месте взрыва образовалась гигантская воронка длиной 165 м, шириной 100 м и глубиной 20 м.

Взрывом было убито 500 человек и много изувечено. Город был сильно разрушен.

В это же время в Германии участились катастрофические взрывы в шахтах. Так, на шахте «Министр Штейн» в 1925 г. при взрыве погибло 136 человек.

В 1935 г., когда фашисты начали усиленную подготовку к войне, на заводе ВВ в Рейнсдорфе по неизвестной причине загорелся тротил. Необходимых противопожарных средств не оказалось, огонь распространился, и произошел взрыв. По детонации этот взрыв передался в другие цеха, и почти весь завод ока-

зался разрушенным. Погибло 80 человек и более 700 получили ранения и контузии.

В Англии по официальной статистике с 1911 по 1941 гг. было отмечено 146 взрывных катастроф, крупнейшая из которых была в 1934 г., когда от взрыва метана погибло 263 человека из 269, работавших на шахте.

В годы второй мировой войны имел место ряд диверсий в военной промышленности США. 12 сентября 1940 г. огромный взрыв потряс г. Нью-Джерси. Это фирменный пороховой завод «Геркулес» взлетел на воздух. Было убито 52 и серьезно ранено 52 человека.

12 ноября того же года в течение 20 мин произошли катастрофы: взлетели на воздух в Вудбридже — два корпуса по производству торпед, в Эдинбурге — пороховой завод Бертони и в Алленгауте — завод пороховой компании «Троян».

После второй мировой войны произошло несколько катастрофических взрывов больших масс аммиачной селитры.

Казалось бы, огромные жертвы, понесенные в 1921 г. в Оппау, должны были насторожить людей в отношении таких «безобидных удобрений», как аммиачная селитра. После взрыва в Оппау стало ясно, что даже без специальных горючих добавок аммиачная селитра — это ВВ особого рода, взрывающееся в определенных условиях. К сожалению, уроки истории иногда забывают... Три года спустя после трагедии в Оппау в США последовал взрыв аммиачной селитры на заводе «Аммонит», а еще через год — на фабрике «Геркулес паудер». Но и этих напоминаний оказалось недостаточно.

16 апреля 1947 г. в США взрыв потряс г. Тексас-Сити на берегу залива Галвестон, где взорвалось около 2300 т аммиачной селитры на борту французского лайнера «Гранкан». Взрыв разнес корабль на куски. Огненный дождь обрушился на город, поджигая нефтебазы, химические заводы и другие здания. Более трех суток шла борьба с пожарами в Тексас-Сити. Кроме человеческих жертв, катастрофа причинила ущерб, исчисляемый сотнями миллионов долларов.

Через три месяца, 28 июля 1947 г., во французском порту Брест взорвался норвежский корабль «Оушн Либерти», гружен-

ный 3300 т аммиачной селитры. Более 500 человек получили тяжелые ранения. Дождь раскаленных осколков судна вызвал в Бресте многочисленные пожары. Ущерб исчислялся в 3 млн фунтов стерлингов.

Что же являлось причинами взрывов? Анализ многих катастроф показывает, что в большинстве случаев они происходят не по одной, а по нескольким причинам, каждая из которых сама по себе не способна вызвать катастрофу.

В случае гибели «Гранкана» причины взрыва также переплелись: несоблюдение правил пожарной безопасности и строгого режима при обращении со взрывоопасным грузом, техническая неграмотность капитана, задраившего люки и тем усилившего возможность взрыва.

В результате нарушений элементарных требований безопасности 28 июля 1948 г. гигантский взрыв произошел на основном предприятии военно-химического треста «И.Г. Фарбениндустри» — «Баденском анилино-содовом заводе», восстановленном при содействии союзных властей в ФРГ.

Внезапный взрыв вызвал сильные подземные толчки, которые распространились в радиусе свыше 30 км.

Столб удушливых продуктов взрыва взметнулся на 1000 м к небу. В городах Людвигсгафене и Маннгейме почти во всех домах были выбиты оконные стекла.

Вслед за первым взрывом последовало несколько других. Над двумя городами распространился удушливый чад. Жители в панике покинули города. Число погибших достигло 1000 человек, а тяжело раненных — 2000. Взрыв произошел в той части завода, где секретно производились взрывчатые и горючие вещества для ракет.

Особенно велико число катастрофических взрывов произошло в США.

С 1930 по 1943 гг. в угольной промышленности США общее число убитых, раненых и искалеченных шахтеров составило четверть миллиона человек.

После второй мировой войны число несчастных случаев увеличилось. В 1947 г. на шахте «Сентралия» (штат Иллинойс) в результате подземного взрыва погибло 111 шахтеров. В 1951 г.

погибло 575 человек и искалечено свыше 25 тысяч человек. В том же году вечером 21 декабря произошел подземный взрыв и вызванный им пожар на одной из крупнейших американских шахт около Уэст-Франкфорта. Жертвами беспечности шахтовладельцев стали 135 шахтеров.

Даже бывший президент Г. Трумен вынужден был сознаться, что причина взрывов в шахтах — грубое нарушение хозяевами шахт элементарных правил техники безопасности ведения взрывных работ.

Большое число катастрофических взрывов в США было связано с разработкой, производством и транспортированием ВВ для ведения агрессивных действий в Индокитае, для военных авантюр и создания огромного числа военных баз в различных пунктах земного шара.

22 мая 1961 г. в штате Западная Виргиния взлетело на воздух два здания аллеганской баллистической лаборатории, находившейся в ведении военно-морского флота США и компании «Геркулес паудер».

Грохот взрыва потряс 27 июня 1964 г. Маршаллс-Крик (Пенсильвания) — это взорвался 14-тонный грузовик, перевозивший динамит, 6 человек было убито, разрушены дома.

Сильный взрыв произошел 8 сентября 1966 г. на военном заводе в Барабу (Висконсин), поставлявшем боеприпасы для американских войск во Вьетнаме. На воздух взлетела поточная линия по производству пороха для патронов к винтовкам М-16. Взрывом было разрушено два здания, 11 человек получили тяжелые ранения.

26 декабря 1969 г. в районе Гавайских островов взорвалось транспортное судно США «Бэджер Стейт», перевозившее 8900 ракет и бомб с общим эквивалентом 2000 т тротила на военную базу в Дананге (Южный Вьетнам).

В марте 1972 г. прокатилась волна преступных акций на авиалиниях США. Так, в аэропорту Лас-Вегаса произошел взрыв самолета «Боинг 707» авиакомпании «Транс уорлд айрлайнс». В Сиэтле была обнаружена мина замедленного действия (МЗД) на борту самолета компании «Юнайтед айрлайнс». Другая МЗД была найдена в самолете на нью-йоркском аэродроме

«Кеннеди». Эти преступления были совершены группой гангстеров, которые хотели получить от авиакомпаний 2 млн долларов лишь за то, что они сообщат, на каких самолетах находятся мины. В этой связи президент Р. Никсон заявил, что правительство мобилизует все силы, чтобы предотвратить возможную угрозу для гражданской авиации.

Диаметральной противоположностью катастрофическим (т.е. непреднамеренным или неожиданным) взрывам являются случаи, когда по техническим или иным причинам подготовленный к взрыву заряд не взрывается, т. е. когда происходит так называемый отказ. В практике взрывных работ такие случаи имеют место и расцениваются как ЧП. Во всяком случае, руководитель взрывных работ должен принять все зависящие от него меры, чтобы повторными попытками взорвать или ликвидировать отказавший заряд.

Беспрецедентный случай отказа, оставшийся неликвидированным, произошел в 1967 г. Американский транспорт «Роберт Стивенсон» был нагружен 2000 т ВВ и направлен к берегам Аляски, у которых по программе совершенствования средств обнаружения ядерных взрывов его предполагалось потопить и на большой глубине взорвать с помощью специальных взрывателей, автоматически срабатывающих под действием гидростатического давления. Однако, когда были открыты все кингстоны, со взрывателей сняты (а может быть не сняты?) предохранители, а команда покинула корабль, он долго держался на плаву, дрейфовал, пока не исчез в тумане... Предполагают, что судно затонуло на мелководье и взрыватели, рассчитанные на большее давление воды, не сработали. Таким образом, легкомысленная по замыслу, по технике исполнения и способу осуществления операция при стечении обстоятельств может обернуться новым актом трагической катастрофы.

География катастрофических взрывов, происходящих по разным причинам и в разных условиях, охватывает все континенты и множество стран нашей планеты до настоящего времени.

Директивы XXIV съезда КПСС о техническом перевооружении угольной промышленности (опубликованные 17 апреля 1973 г.) обращали серьезное внимание на необходимость даль-

нейшей работы по созданию не только безопасных, но и благоприятных условий труда шахтеров; ставили вопрос о повышении качества и надежности выпускаемой продукции для горной промышленности, а также по «увеличению выпуска аппаратуры и оборудования во взрывобезопасном исполнении для угольной и горно-рудной промышленности». Постановление требует от соответствующих административных, партийных и профсоюзных инстанций «проявлять повседневное внимание к обеспечению безопасных условий труда шахтеров, усилить профилактическую работу и повысить ответственность всех работников за строгое соблюдение правил техники безопасности».

Одно несомненно, что научным и исследовательским организациям необходимо и сейчас создавать более безопасные в обращении ВВ, особенно для опасных условий угольных шахт и рудников.

До настоящего времени это положение мало изменилось. Достаточно сказать о взрыве в 2006 г. на шахте «Ульяновская» в Кузбассе, где погибло 110 человек, неоднократные взрывы на шахте «Засядько» на Украине, где в конце 2007 г. погибло около 100 шахтеров.

10. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ШКОЛЫ ВЗРЫВНОГО ДЕЛА

Использование энергии взрыва в народном хозяйстве в обозримом будущем остается единственным универсальным и наиболее эффективным способом разрушения горных пород при массовых взрывах в карьерах, подземных рудниках, проведении выработок, при транспортном строительстве, при разрушении металлических, железобетонных и бетонных, отслуживших свой срок сооружений и других строительных работах, при упрочнении, сварке и резке металлов в металлургии, при получении новых сверхтвердых материалов, при создании крупномасштабных подземных полостей на больших глубинах и камненабросных плотин, а также во многих других областях.

В последнее десятилетие, несмотря на определенные достижения в этой области теории, техники и технологии [1], коренных научных и технических сдвигов сделано мало. Основными причинами такого состояния теории и практики явились:

- слабость оснащения и старение лабораторий и полигонов, опытных участков, а также сложность оформления разрешительной документации на проведение экспериментов, учитывая, что стоимость экспериментов в приборном оснащении стремительно растет на порядки;
- недостаточное выделение бюджетных ассигнований для выполнения теоретических исследований и недостаточная идейная концентрация проводимых работ;
- монополизация ряда научных и технологических направлений в отраслях, из-за чего разработанные монополиста-

ми работы часто оказывались неудачными, а более перспективные тормозились на много лет или сворачивались полностью;

- создание самостоятельных ОАО, корпораций, компаний, которые предпочитают готовые технологии, машины, оборудование зарубежных фирм, а не заниматься восстановлением разрушенного горного машиностроения и научных подразделений горного профиля в период перестройки.

Весь комплекс исследований в области взрывного дела целесообразно разделить на следующие блоки: горный массив, буровая техника, взрывчатые вещества (ВВ) и средства инициирования (СИ), система управления взаимодействием массив — заряды ВВ [2, 3, 4], техника и технология выполнения взрывных работ, обеспечение безопасности и максимальной экологической чистоты выполнения работ [2, 5].

1. Определение свойств взрываемого массива.

При взрывном разрушении массива горных пород необходимо для оценки его свойств, влияющих на интенсивность его разрушения, знать диаметр применяемых зарядов (ЛНС), допустимый размер куска, чтобы определить, на сколько частей необходимо разрушить отдельности, слагающие данный массив, т.е. надо знать размеры отдельностей и их ударную прочность дробления при взрывном воздействии, которая может коррелировать с коэффициентом крепости М.М. Протодьяконова.

Пока не разработано количественного метода оценки трещиноватости всего объема взрываемого блока. Применяемые сейсмоакустические методы несовершенны и дают интегральную характеристику затухания волн по амплитуде или скорости, что явно недостаточно для расчета зарядов с получением заданного дробления горной массы.

Нашими исследованиями установлено, что во многих случаях взрывы в крупноблочных некрепких массивах с «широкими» трещинами требует существенно больших удельных расходов ВВ, да и замены самих ВВ на бризантные, т.к. их блоки надо разрушить на большее количество частей, чем в мелкоблочных массивах высокой крепости, где требуется только смещение и разброс отдельностей без их дробления.

Разработка количественных методов определения трещиноватости взрываемого блока является важнейшей фундаментальной задачей использования этих данных для расчета зарядов.

Наиболее простым и достаточно точным является метод разработанной проф. Б.Н. Кутузовым оценки основных свойств массива* (крепости и трещиноватости) по скорости (энергоемкости) бурения скважин, а также оценки режима вибраций бурового става в процессе обуривания блока.

По скорости бурения (энергоемкости) определяют крепость отдельностей трещиноватого массива. По изменению режима вибраций бурового става станка определяют момент перехода долота через трещину. При этом происходит увеличение в несколько раз амплитуды и снижение частоты вибраций става. Таким образом, по записи режима вибраций можно определить размеры отдельностей, слагающих массив, и ориентировочную ширину трещин. Следует подчеркнуть, что энергоемкость также характеризирует степень трещиноватости: более трещиноватые имеют меньшую энергоемкость бурения.

Этот метод оценки свойств массива можно успешно применять в настоящее время при бурении скважин на карьерах шарошечными долотами. При этом станки должны быть оснащены фиксирующими и передающими системами полученной при бурении информации на пункт компьютерного проектирования взрывов.

Такими же системами необходимо оснастить другую технику, используемую для бурения взрывных шпуров и скважин для получения информации о свойствах всего массива, подготавливаемого к взрывному разрушению.

Эти работы успешно продолжены проф. В.А. Коваленко из Международного научно-технического центра (респ. Киргизия), а ранее успешно развивались в работах д-ра техн. наук И.А. Тангаева.

Оценка свойств пород для нормирования процессов горных работ проводилась проф., д-ром техн. наук Ю.И. Анистратовым и многими другими. Фундаментальные работы по этому направлению выполнены акад. В.В. Ржевским в созданном им кадастре горных пород. Однако из-за сложности определения в условиях горного предприятия всех рекомендуемых Ржевским свойств по-

---

* В разработке метода принимали участие кандидаты техн. наук Т.А. Дозоров, Б.В. Эквист, Р.Г. Шмидт, инженеры В.М. Зеленевский, В.С. Филиппов.

род необходимо продолжить исследования в плане упрощения методик и уменьшения количества показателей по свойствам массива для получения нужных результатов по оценке буримости, взрываемости массивов.

2. В области совершенствования и создания новой буровой техники изучены техника и технология бурения шпуров и скважин, а также сформулированы направления создания бурового инструмента для бурения шпуров и скважин нового технического уровня. В этих работах успешно проводили исследования канд. техн. наук П.И. Июдин, проф., д-р техн. наук Н.Я. Репин. Результаты исследований позволили сформулировать научные направления по совершенствованию существующей и созданию новой техники и технологии вращательного бурения шпуров и шнекового бурения скважин на карьерах.

Определенные успехи были получены на основе исследований доц., канд. техн. наук П.П. Назарова по ударно-канатному бурению скважин на карьерах.

Многолетние пионерские работы были выполнены по шарошечному бурению скважин на карьерах под руководством проф. А.Ф. Суханова и доц. П.П. Назарова, а самостоятельно проф., д-ром техн. наук Б.Н. Кутузовым с аспирантами по выбору рациональных типов шарошечных долот (проф., д-р техн. наук Л.И. Кантович), пневмотранспортным и пылеулавливающим системам шарошечных станков (канд. техн. наук И.Г. Михеев), по вибрации и надежности станков (канд. техн. наук Р.Г. Шмидт), по системам автоматического выбора и регулирования режимов бурения (канд. техн. наук Р.Г. Шмидт, инженеры В.М. Зеленевский, В.С. Филиппов, В.Г. Зайцев). Разработаны совместно с кандидатами техн. наук Т.А. Дозоровым и Б.В. Эквистом научно-технические системы определения свойств буримых пород, способов и средств передачи полученных данных на пункт проектирования массовых взрывов. Создание станков-роботов — информаторов о буримых породах — актуальная задача на будущее.

Эти работы получили развитие в трудах ученых других институтов, конструкторских бюро. Оригинальные работы были выполнены совместно с канд. техн. наук Р.Г. Шмидтом и инж. В.Г. Зайцевым по созданию мощных станков СБШ-320 с невращающимся буровым ставом для бурения скважин глубиной до 17 м без наращи-

вания бурового става в крепких и абразивных породах. Была получена высокая эффективность использования на шарошечных станках погружных пневмоударников при бурении скважин в режиме вращательно-ударного бурения малоабразивных пород средней крепости (совместно с доц., канд. техн. наук Д.Н. Макаревичем).

Были проведены теоретические и экспериментальные исследования совместно с канд. техн. наук Г.С. Саркисяном по оценке динамической устойчивости буровых ставов шарошечных станков.

Определенные успехи по управлению процессом движения става буровых штанг при подземном бурении глубоких скважин были достигнуты совместно с канд. техн наук М.И. Агеевым и д-ром техн. наук С.Г. Гозюмовым.

Крупные работы были выполнены по теории разрушения пород при ударном и шарошечном бурении совместно с канд. техн. наук Д.Н. Макаревичем, доц., канд. техн. наук С.Б. Габдрахмановым, проф. Г.М. Крюковым, который в дальнейшем самостоятельно и с аспирантами развивает это теоретическое направление, как для бурения, так и для взаимодействия взрыва заряда с массивом.

Эти работы позволили более четко осмыслить и сформулировать требования к различным буровым инструментам и буровым машинам и выбору рациональных режимов бурения разных по свойствам пород. Стало очевидным, что повышение показателей бурения (скорости и производительности) можно достигнуть за счет применения более прочных металлов и твердых сплавов для изготовления бурового инструмента и буровых ударных систем, более высоких давлений сжатого воздуха (1,5—3,0 МПа) и гидравлических рабочих жидкостей (10—20 МПа и выше). При этом должны быть полностью механизированы процессы бурения и установки каретки или станка в забое при отсутствии непосредственного контакта оператора-машиниста-бурильщика с буровой машиной, чтобы обеспечить комфортность его работы. Все шире ведутся работы по созданию буровых кареток-станков с дистанционным управлением в подземных условиях.

С увеличением глубины карьеров и необходимости увеличения объемов прокладки транспортных магистралей в гористой местности и гидротехническом строительстве требуется создавать специальные модели станков для бурения строго ориентированных

скважин для осуществления гладкого (контурного) взрывания. Необходимо рассмотреть создание новых заводов (по примеру автомобилестроителей) совместно с лучшими зарубежными фирмами для выпуска новой техники для бурения шпуров и скважин.

3. Область регулирования взрывного дробления трещиноватых массивов

До настоящего времени в большинстве теоретических работ массив рассматривается как сплошная среда. Вместе с тем хорошо известно, что все массивы разбиты трещинами различного направления и ширины, причем их ширина и частота изменяются по глубине карьера или рудника, а также по длине взрывных скважин и удаления от открытой поверхности массива. Волны напряжений, распространяющиеся от взрываемых зарядов, проходят через эти трещины с различной степенью передачи энергии на границе раздела.

На моделях было показано [1, 5], что при контактном взрывном воздействии на ближайшие отдельности они разрушаются на большое число частей; отдельности, расположенные за трещинами, разрушаются на небольшое число (3—5) частей, а при достаточной ширине трещины могут просто отбрасываться без разрушения. Чем крепче (прочнее) отдельности, тем больше энергоемкость их разрушения как при контактном взрыве, так и, особенно, при механическом их соударении. Поэтому для интенсивного дробления крепких крупноблочных массивов необходимо применять высокоплотные (1,4—1,5 г/см^3) мощные ВВ со скоростью детонации 5,0 км/с и повышенные до 0,8—1,2 кг/м^3 удельные расходы ВВ, чтобы достигать высокой интенсивности взрывного воздействия на отдельности и придания им высоких скоростей соударения (17—20 м/с). Целесообразно при этом использовать схемы короткозамедленного взрывания зарядов (встречные, врубовые, диагональные), позволяющие достигать соударения максимального объема разлетающейся при взрыве горной массы.

Установлено также, что при взрыве трещиноватого массива вокруг заряда образуются зоны регулируемого, малорегулируемого и практически нерегулируемого дробления.

Для достижения максимально возможного дробления отдельностей и образования в кусках руды скрытой микротрещи-

новатости, обеспечивающей уменьшение энергозатрат на их последующую переработку, можно применять микрозамедленное взрывание с интервалами для соседних зарядов до 3 мс и удельных расходов ВВ 1,7—2,5 кг/м^3.

Таким образом, впервые установлено, что при взрыве трещиноватого массива имеют место два механизма разрушения: взрывной — под действием волн напряжений, и механический — за счет соударения разлетающихся кусков породы. В настоящее время необходимо развивать теоретические и экспериментальные исследования передачи энергии при взрыве и дроблении блочного горного массива. Необходимо использовать и накопленный практический опыт, когда после «пристрелочных» взрывов удается для достижения требуемых результатов скорректировать систему взрывания.

Под руководством проф. А.Ф. Суханова впервые выдвинута идея достижения рациональной степени дробления массива с учетом затрат на все технологические процессы горного производства: бурение, взрывание, погрузку, транспорт, первую стадию крупного дробления и измельчения минерального сырья.

Исходным для определения параметров массового взрыва является расчетный удельный расход ВВ и составление его табличных значений в классификации пород с введением необходимых поправочных коэффициентов.

Совместно с д-ром техн. наук В.К. Рубцовым, кандидатами техн. наук А.А. Вареничевым, В.Ф. Плужниковым автором на основе обработки многолетних измерений выведена формула определения расчетного расхода ВВ для карьерных взрывов вида

$$q_р = 0{,}13\sqrt[4]{f}\,(0{,}6+3{,}3d_о d_з)(0{,}5/d_к)^{2/5}\,K_{ВВ},\ \text{кг/м}^3,$$

где f — коэффициент крепости по М.М. Протодьяконову; $d_о$ — размер отдельности, м; $d_з$ — диаметр заряда, мм; $d_к$ — размер кондиционного куска, м; $K_{ВВ} = Q_{ЭТ}/Q_{ВВ}$ — поправочный коэффициент на применяемое ВВ ($Q_{ВВ}$) по сравнению с эталонным ($Q_{ЭТ}$).

Из приведенной формулы видно, что крепость пород f мало влияет на величину удельного расхода ВВ. В гораздо большей степени на его величину влияет размер отдельности, диаметр заряда и кондиционный размер куска.

Учитывая сказанное, д-р техн. наук В.К. Рубцов составил классификацию горных пород по трещиноватости (см. табл. 2.1), которая получила широкое признание у горняков под названием «Временная классификация по трещиноватости междуведомственной комиссии по взрывному делу».

Совместно с кандидатами техн. наук В.Ф. Плужниковым и А.А. Вареничевым с учетом основных свойств массивов, определения расчетного расхода ВВ на отдельностях и при использовании скважин диаметром 245 мм автором разработана межотраслевая классификация пород по взрываемости (классификация МГИ и ВНИИЦветмета), которая охватывает весь диапазон пород, на которых ведут взрывные работы. Категорию пород определяют при взрыве отдельности, исходя из размера отдельности d_0 (м), коэффициента крепости f, плотности пород, кондиционного куска 100 см и теплоты взрыва 1490 кДж/кг.

В классификации (см. табл. 2.4) принято 10 категорий с диапазоном расчетного удельного расхода ВВ от 0,12 до 2,03 кг/м^3. При этом для каждого карьера определяют от двух до четырех категорий пород, для которых выбирают расходы ВВ, сетку скважин, схемы взрывания. Работы по дальнейшему совершенствованию классификаций пород по взрываемости продолжаются.

Упомянутые классификации массивов горных пород как основа фундаментального подхода к освоению георесурсов должны рассматриваться в общем цикле постадийного промышленного освоения месторождения, учитывая комплексное использование всех извлекаемых при добыче горных пород, которые должны оцениваться как виды минерального сырья [6]. При этом основными вопросами должны быть место и роль экономики освоения георесурсов, включая природу, общество, макроэкономику, технологию добычи, экономику конкретного предприятия (рис. 10.1).

При этом, учитывая ограниченность запасов минерального сырья для конкретного месторождения, взрывное дело, как и другие процессы горного производства, должно рассматриваться в общей схеме их взаимодействия в процессе промышленного освоения добычи (табл. 10.1).

Выбор ассортимента промышленных ВВ определяется крепостью, трещиноватостью и степенью обводненности массива. В России значительная часть (до 50 % и более) скважин в нижней части заполнена водой, а поэтому для заряжания необходимо применять водоустойчивые ВВ или ВВ в водонепроницаемых

оболочках. К сожалению, можно констатировать, что в большинстве случаев решение о выпуске того или иного ВВ и СИ не определяется мнением профессионалов — специалистов, ученых, а принимается по решению ведущего администратора.

Совершенствование смесевых ВВ для открытых горных работ характеризуется несколькими этапами использования для приготовления ВВ все менее чувствительных (менее опасных) компонентов, делающих ВВ более безопасными в обращении и применении [2, 3, 4]. Эти этапы характерны для мировых технологий создания смесевых ВВ и отличаются только в наименованиях химических компонентов, технологиях и сроках их реализации в промышленных масштабах.

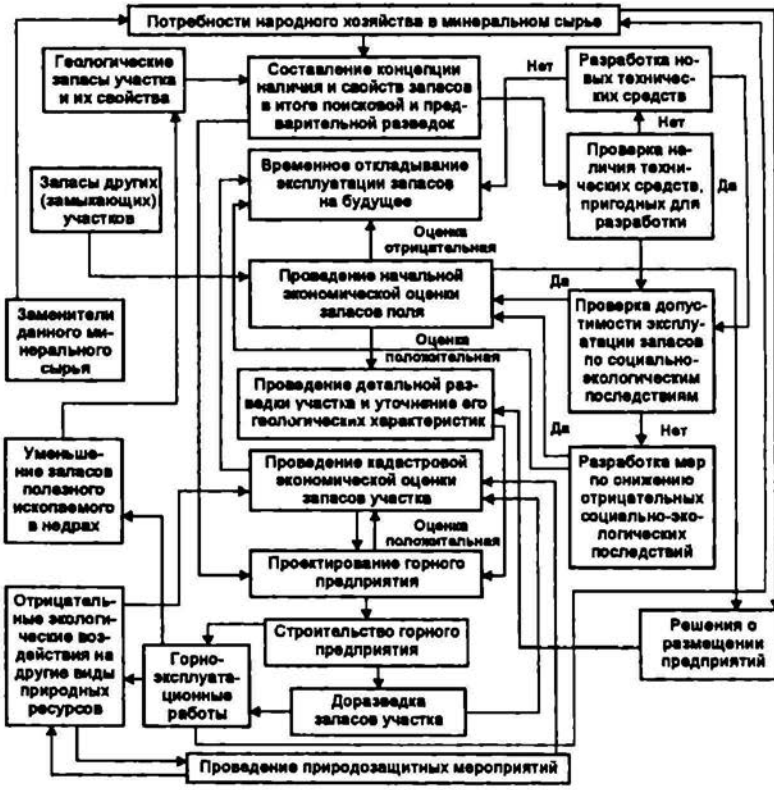


Рис. 10.1. Схема цикла промышленного освоения минерального ресурса

Таблица 10.1

Взаимодействие участников промышленного освоения минеральных ресурсов месторождения

Входные условия и управленческие решения		Участники процесса промышленного освоения минеральных ресурсов									
		Природа	Геология	Социологи и экологи	Создатели техники	Экономисты	Руководство отраслью	Проектировщики	Поставщики	Строители	Горняки
Входные условия											
1. Природные условия залегания минеральных ресурсов		1									
2. Определение условий и составление вероятностной концепции			2								
3. Общие социально-экологические требования				3							
4. Наличные технологические средства					4						
5. Требования экономики						5					
Управленческие решения											
6. Определение потребностей	Разработка схемы развития и размещения предприятия						6				
7. Обоснование схем транспорта до потребителя							7				
8. Решения в области инфраструктуры							8				
9. Обоснование мощности горного предприятия							9				
10. Выбор технологии	Проектирование предприятия						10				
11. Уточнение параметров технологии								11			
12. Детализация проектного решения								12			
13. Расчет экономических показателей								13			
14. Уточнение кондиционных запасов			14					14			
15. Поставка ресурсов для строительства и эксплуатации	Строительство								15		
16. Строительство горного предприятия										16	
17. Эксплуатация горного предприятия											17

1. Переход от высокочувствительных компонентов (нитроэфиров в динамитах) к менее чувствительным (тротил в аммонитах).

2. Переход от более чувствительных и пылящих при работе с ними порошкообразных к гранулированным ВВ, менее чувствительным, образующим минимум пыли при переработке и допущенным для механизированного заряжания (гранулиты и граммониты взамен динамонов и аммонитов).

3. Переход на применение бинарных порошкообразных и гранулированных составов без взрывчатых компонентов — применение динамонов и гранулитов, не содержащих взрывчатых компонентов (селитра, соляровое масло, алюминиевая пудра или другая твердая горючая добавка) взамен аммонитов и граммонитов, содержащих тротил.

4. Переход на применение вместо сухих смесевых водосодержащих (до 15 % воды) ВВ, еще более безопасных в обращении и менее чувствительных к средствам их инициирования, не пылящих и не подвергающихся электризации (акватолы, карботолы, ифзаниты) взамен гранулитов, граммонитов.

5. Переход на эмульсионные и смесевые водосодержащие водоустойчивые ВВ порэмиты и гранэмиты в России, эмулиты и эмуланы в зарубежных странах. Особенность большинства эмульсионных ВВ заключается в том, что ВВ образуется в скважине из невзрывчатых компонентов спустя 40—50 мин.

Для повышения плотности и объемной концентрации энергии ВВ в эмульсию (прямую или обратную) добавляют 25—75 % гранулированной селитры, за счет чего получают тяжелые эмульсии (гранэмиты, эмуланы) плотностью до 1,45 вместо 1,23—1,25 г/см^3 для порэмитов и эмулитов.

Объем применения дешевых гранулированных ВВ в основном на основе пористой селитры, надежно удерживающей в своем составе 6 % жидкой горючей добавки, непрерывно растет, достигнув в США по журнальным публикациям до 80 % общего объема применения ВВ. Анализ этого вопроса показал, что карьеры США мало обводнены, а взрывные скважины или сухие, или содержат дождевую воду (которую легко откачать, и она не возвращается в скважину). Такая же гидрогеологическая обстановка на карьерах и в других странах с большим объемом

применения ANFO. Что касается применения всех сортов водосодержащих ВВ, то он невелик и равен 10—12 %, а в ряде стран менее 6 %. Это, очевидно, связано с отсутствием технологической необходимости применения таких ВВ по условиям обводненности и взрываемости массивов, а также более высокой их стоимостью и более сложной техникой для их изготовления и заряжания по сравнению с ANFO. Практически в это же время были начаты работы в бывшем СССР по созданию гранулированных бестротиловых заводских гранулитов и приготовляемых на местах их применения игданитов по названию разработчика — Института горного дела (ИГД АН СССР), ипконитов (игданиты с добавкой 6 % алюминиевого порошка), а также суспензионных горячельющихся ВВ из смеси раствора селитры с гранулотолом типа ГЛТ (Ленинградский горный институт, Лебединский ГОК), а затем ифзанитов, в которых, при одинаковом составе компонентов с ГЛТ, объем раствора в заряде ВВ равен объему межгранульных пустот (по названию разработчика — бывшего сектора физико-технических горных проблем ИФЗ АН СССР, ныне ИПКОН РАН).

Главный недостаток суспензионных ГЛТ (авторы проф. А.Н. Ханукаев и проф. Г.П. Демидюк) — в их расслаиваемости вследствие разной плотности раствора селитры и гранулотола. Не были найдены отечественные загустители, которые обеспечивали бы физическую стабильность скважинного заряда до момента его затвердения при остывании. Работами МГИ, НИИКМА и КМАвзрывпром состав ГЛТ был усовершенствован за счет повышения температуры раствора селитры до 100—110°С и создания ВВ типа обычной прямой эмульсии (раствор АС — расплав тротила).

Ифзаниты, кроме отсутствия водоустойчивости, обладают низкой подвижностью для высокопроизводительной подачи их в скважину с помощью насосов, а поэтому малопригодны для заряжания обводненных скважин, особенно с проточной водой. Для их применения необходимо использовать перистальтические насосы.

Сложность применения игданитов состоит в том, что для их приготовления нужна не гладкая, удерживающая 2 % солярового масла селитра, а пористая, удерживающая в порах 6 % масла.

С гладких гранул соляровое масло стекает в течение 2—4 часов. В верхней части заряда (2 % АС) формируется ВВ с положительным кислородным балансом, выделяющее при взрыве значительное количество ядовитых оксидов азота, и с пониженной энергией взрыва. В нижней части заряд флегматизируется стекшим соляровым маслом, и, как следствие, наблюдается плохое дробление и проработка нижней части уступа.

В настоящее время в России начат выпуск пористой селитры, на которой изготовляют более стабильные по свойствам смеси АС и дизельного топлива.

Наблюдения показывают, что для этих ВВ производительность ручного заряжания выше, а стоимость ниже, чем в странах СНГ с использованием зарядных машин и механизированных пунктов их снаряжения. Это объясняется большой стоимостью зарядных машин и пунктов их снаряжения и может быть целесообразно только на объектах с годовым потреблением изготовленных на местах ВВ 1000 т и более.

При отрицательных температурах воздуха и в условиях многолетнемерзлых пород можно применять игданит на обычной селитре, т.к. при отрицательных температурах вязкость масла увеличивается и оно лучше удерживается на поверхности гладких гранул. В связи с этим такие ВВ (обычные игданиты и с добавками алюминия) получили широкое применение на открытых горных работах предприятий объединения «Северовостокзолото».

В связи с все более увеличивающимся дефицитом по водоустойчивым ВВ с начала 1980-х годов начинается новый цикл работ по созданию таких ВВ и разработки технологий заряжания обводненных скважин неводоустойчивыми ВВ.

В бывшем СССР министерством — поставщиком ВВ было разработано несколько смесевых составов гранулированных водоустойчивых ВВ (гранитолы 1,7А, граммониты50/50В, 30/70В, граммоналы А-45). Однако из-за ряда их технических и технологических недостатков они не получили широкого применения в промышленности и выпуск большинства этих ВВ прекращен.

Были разработаны и испытаны заряды уплотненного порошкообразного аммонита 6ЖВ в жестких полиэтиленовых оболочках массой 18 кг и средства их механизированного опус-

кания в обводненную скважину. Испытания выявили низкую надежность и производительность разработанных средств механизации и частое застревание патронов в процессе их опускания в скважину вследствие их перекосов из-за контакта с неровностями особенно в верхней части скважин.

В Казахском политехническом институте (КазПИ) разработано устанавливаемое на зарядной машине устройство «Талисман», представляющее собой гильзу, на которую одевается гофрированием полиэтиленовый рукав с толщиной стенки 0,18 мм, запаянный на торце диаметром на 20 мм меньше диаметра заряжаемой скважины. По мере подачи гранулированного неводоустойчивого ВВ через гильзу в рукав, он опускается в скважину, исключая контакт ВВ с водой.

Автором в Московском горном институте (МГИ) при участии инж. В.В. Стадника разработано устройство для зарядной машины в виде опускаемого на шланге на дно обводненной скважины устройства с гильзой, на которую накручен полиэтиленовый рукав с толщиной стенки 0,18—0,20 мм, диаметром на 200 мм больше диаметра скважины, а длиной на 1,5—2,0 м больше ее глубины. При подаче по шлангу в устройство сжатого воздуха рукав заполняет все сечение скважины, вытесняя из нее воду. Верхний открытый конец рукава подсоединяют к фиксирующему его штативу и производят заряжание осушенной скважины неводоустойчивым ВВ ручным или механизированным способом.

Промышленные взрывы, проведенные КМАвзрывпромом при испытаниях порэмита на карьерах Лебединского и Стойленского ГОКов, показали, что обычный порэмит годен для взрывания трещиноватых пород с коэффициентом крепости по М.М. Протодьяконову $f<12$, а с добавками 4 и 8 % алюминиевого порошка — для пород любой крепости. Однако не было установлено, почему при опытных взрывах с большими удельными расходами порэмита средний размер куска взорванной горной массы был в 1,5—2,0 раза больше, чем при использовании штатных гранулированных ВВ. Единственным объяснением этого является плохое перемешивание газогенерирующей добавки (ГГД) в смесительном узле зарядной машины «Порэмит», в результате чего фактически детонировала только часть активированной ГГД за-

ряда. Проверить это предположение на практике невозможно, так как на зарядной машине нет приборов экспресс-контроля полноты перемешивания компонентов по сечению заряда.

Представители зарубежных фирм «Дюпон» (США), «Нитро-Нобель» (Швеция) считают более надежным использовать в качестве активирующего компонента полые микросферы, хотя и в этом случае требуется контроль полноты их перемешивания с эмульсией.

Автором в МГИ (МГГУ) был проведен комплекс исследований по взрывному дроблению трещиноватых массивов скважинными и шпуровыми зарядами на карьерах и в подземных условиях с участием, кроме отмеченных выше, профессоров В.И. Комащенко, В.Ф. Носкова, В.П. Тарасенко, Линь Дэ Юй (КНР), кандидатов техн. наук А.Ф. Авдеева, Л.П. Мелюшкина, А.Г. Таирбековой, Ю.И. Мкртычана, И.Н. Ковтуна, Г.М. Восканяна, А.С. Аванесова, В.К. Медоева, Я.Х. Эстерова, д-ра техн. наук В.Н. Тюпина, кандидатов техн. наук Р.А. Гильманова, Л.Ю. Жигура, М.И. Граура, В.Г. Агеева, И.В. Машукова, Ш.Н. Назырова, В.О. Соловьева, А.В. Гетопанова, д-ра техн. наук В.И. Пугачева, кандидатов техн. наук Ю.А. Гребенькова, А.В. Мирошникова, Д.Д. Гализина, А.П. Андриевского, С.С. Шайкибекова.

Эти работы позволили сформулировать научно-технические основы регулирования степени дробления горных пород взрывом и показать, что ассортимент ВВ для взрывания на земной поверхности может быть ограничен двумя типами ВВ для сухих и двумя типами для обводненных скважин. При использовании эмульсионных ВВ в сочетании с АС-ДТ (игданитами) не требуется других ВВ, кроме промежуточных детонаторов.

Для подземных работ номенклатура ВВ должна состоять из 4—5 типов ВВ бестротиловых с добавками Al, ферросилиция, селикоалюминия или эмульсионных патронированных.

На земной поверхности определенное применение найдут конверсионные ВВ, в области которых успешно работает проф., д-р техн. наук В.А. Белин с группой аспирантов.

Успешно развивают взрывные работы в шахтах, опасных по взрыву газа и пыли, проф., д-р техн. наук С.К. Мангуш, кандидаты техн. наук Г.К. Савич, А.Ю. Бутуков.

Ведутся исследования по замене в шахтных стволах патронированных ВВ на гранулированные.

Мировой опыт создания СИ для скважинных зарядов низкочувствительных ВВ (гранулированных и водосодержащих) развивался в следующих направлениях:

- создание детонирующих шнуров (ДШ) повышенной мощности с навеской ТЭНа или гексогена 20—40 г на 1 м для линейного инициирования зарядов без шашек промежуточных детонаторов (ПД);
- создание маломощных ДШ с навеской 2—6 г на 1 м для нижнего инициирования зарядов и монтажа сетей;
- создание шашек ПД массой 20—800 г, инициируемых как ДШ, так и электродетонатором с заданным замедлением от 20 до 40 мс и более;
- создание трубчатых неэлектрических систем инициирования типа «Нонель» (Швеция).

В КНР в области создания СИ получены перспективные разработки. Так, для многоточечного инициирования зарядов созданы конусообразные (кумулятивные) заряды в пластиковой оболочке массой 100 г с центральным осевым отверстием для пропуска ДШ.

Таким образом, на отрезок ДШ в заряде можно разместить любое число инициаторов ПД.

С целью уменьшения расхода ДШ при взрывании нескольких блоков в карьере применяется их инициирование по радиосигналу, для чего разработаны и выпускаются две системы «Гром» и «Друза».

Детальный анализ направлений развития взрывного разрушения горных пород, по мнению автора, показывает, что прогресс в области теории и практики взрывных работ, в создании новых ВВ и средств инициирования во многом сможет быть более успешным, если сотрудничество между научными, техническими кадрами и практиками разных стран будет более тесным, а взрывное дело останется на обозримую перспективу основным для разрушения крепких пород на земной поверхности и в подземных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Справочник* взрывника / Коллектив авторов под общей редакцией проф. Б.Н. Кутузова — М.: Недра, 1988. — 509 с.

2. *Безопасность* взрывных работ в промышленности / Коллектив авторов под общей редакцией проф. Б.Н. Кутузова. — М.: Недра, 1992. — 539 с.

3. *Кук М.А.* Наука о промышленных взрывчатых веществах. — М.: Недра, 1990. — 455 с.

4. *Барон В.Л., Кантор В.Х.* Техника и технология взрывных работ в США. — М.: Недра, 1989.

5. *Кутузов Б.Н., Шемякин Е.И.* Перспективные направления развития взрывного разрушения горных пород // Горный журнал. — 1992. — №3.

6. *Горные* науки освоения и сохранения недр Земли / Под ред. акад. К.Н. Трубецкого. — Изд-во АГН. — М., 1997.

11. ПОДГОТОВКА ГОРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ-ВЗРЫВНИКОВ

В 60-е годы одним из важнейших научно-практических направлений деятельности МГИ было изучение механического и взрывного разрушения скальных горных пород при их подготовке к выемке. Начало этому направлению работ в 1963 г. было положено проф. А.Ф. Сухановым, создавшим и возглавившим кафедру «Буровзрывные работы». Данное научное направление включало в себя такие проблемы, как разработка физических основ теории разрушения горных пород различными видами бурового инструмента и взрывом, прогноз эффективности разрушения для различных пород, дальнейшее совершенствование методов взрывного и механического разрушения.

Повышение роли и значения исследований данной проблемы, а также рост потребности в специалистах этого профиля привели к созданию в мае 1971 г. специальной КАФЕДРЫ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ВЗРЫВОМ. Ее возглавил и сформировал коллектив кафедры крупный специалист взрывного дела, действительный член созданных в 80-х годах XX в. академий МАИ, АГН и РАЕН, профессор, доктор технических наук Б.Н. Кутузов, который и работал в этой должности до 1997 г. Им опубликовано свыше 280 работ, в том числе 14 учебников и учебных пособий, 14 монографий. Б.Н. Кутузов имеет около 140 авторских свидетельств, им подготовлено более 60 кандидатов наук, 6 докторов наук.

Костяк кафедры составили профессора, доктора технических наук Г.М. Крюков, В.П. Тарасенко, С.К. Мангуш; доценты, кандидаты технических наук, а ныне профессора М.Г. Горбонос, А.А. Бобрышев, В.Ф. Носков, В.А. Белин, В.И. Комащенко, доц., кандидаты техн. наук В.И. Сивенков, А.А. Трусов и 25 научных сотрудников, в том

числе кандидаты технических наук, старшие научные сотрудники Р.Г. Шмидт, Г.И. Шаронов, О.И. Киселев, М.А. Новикова и др.

Высокоавторитетным преподавателем был доцент Н.П. Метелкин, активный участник Великой Отечественной войны, бывший председатель Совета ветеранов, генерал-майор в отставке. Прекрасной души человек, он много сил и труда отдавал обучению и патриотическому воспитанию молодежи.

С начала своей деятельности кафедра является выпускающей и готовит горных инженеров-физиков по специальности «Разрушение горных пород взрывом». Для всех горных специальностей нашего горного университета (МГГУ) читается курс с аналогичным названием. С 1972 г. на протяжении многих лет велись занятия по программе «Единая книжка взрывника», по окончании которой студенты сдавали экзамен и получали право на ведение взрывных работ на открытых (или подземных) горных работах.

Все эти годы для студентов — будущих инженеров-взрывников читались специальные курсы: «Техника и технология взрывных работ», «Физика взрывного разрушения», «Проектирование взрывов», «Безопасность взрывных работ». Лабораторно-практические занятия проводились на крупнейших предприятиях горно-добывающей промышленности: Лебединском ГОКе, КМАруда, НИИКМА, а также на взрывном полигоне Черноголовского филиала института химической физики АН СССР. В 1980 г. на базе учебно-исследовательского центра (пос. Эльбрусский) кафедрой был построен полигон «Взрыв», где, в основном, проводились занятия по программе «Единая книжка взрывника» (ЕКВ) с боевыми взрывчатыми веществами.

Кафедрой были успешно внедрены новые формы обучения. Так, например, экзамен по курсу ЕКВ стала принимать комиссия под председательством представителя Госгортехнадзора РФ при участии представителей промышленности, т. е. качество подготовки студентов оценивалось профессионалами взрывного дела.

С 1983 года, выполняя функции базовой, кафедра проводила семинары с преподавателями кафедр горных и политехнических вузов, ведущих подготовку студентов по программе ЕКВ, с выездом непосредственно на взрывной полигон УИЦ МГИ. Кроме того, все горные вузы страны, готовящие студентов по

программе ЕКВ, были обеспечены необходимыми методическими и имитационными материалами.

Приобретение студентами практической квалификации взрывника значительно повышает уровень их профессиональной подготовки. В связи с этим Госгортехнадзор по предложению МГИ и Междуведомственного Совета по взрывному делу в 1981 г. принял решение, по которому все горные инженеры, непосредственно руководящие взрывными работами, должны иметь «Единую книжку взрывника». Это нашло отражение также в решении Учебно-методического Совета по высшему горному образованию, согласно которому в учебные планы подготовки горных инженеров факультативно была введена дисциплина «Технология и безопасность взрывных работ».

Кафедра установила постоянные связи с Карагандинским, Фрунзенским, Кузбасским, Тульским, Читинским политехническими, Сибирским металлургическим, Криворожским горнорудным, Северо-Кавказским и Магнитогорским горно-металлургическими и другими институтами.

С 1976 года кафедра поддерживает связь с Софийским горно-геологическим институтом и Фрайбергской горной академией.

Сотрудники кафедры ежегодно принимают участие во Всероссийских и Международных конференциях, съездах, симпозиумах по взрывному делу.

Основное научное направление исследований кафедры — оптимизация и повышение эффективности буровзрывных работ (БВР). Кафедрой выполнен большой объем работ по направлению — комплексное исследование процесса разрушения горных пород при бурении и взрывании, разработка теоретических основ и технических средств, обеспечивающих создание буровых станков нового технического уровня и технологии ведения БВР, отвечающих требованиям циклично-поточной технологии, замене дефицитных тротилсодержащих ВВ бестротиловыми, увеличение процента приготовления ВВ на местах их применения, а также в области использования утилизированных боеприпасов для изготовления промышленных ВВ, и типовых схем подземных складов взрывчатых материалов для угольных шахт.

В 70-е годы при кафедре успешно работали созданные по инициативе заведующего кафедрой три отраслевые лаборатории

Министерств промышленности строительных материалов, черной и цветной металлургии. Общая численность сотрудников лаборатории достигала 60 человек.

По результатам выполненных исследований сотрудниками кафедры и лаборатории защищено более пятидесяти кандидатских и семь докторских диссертаций, получено более ста авторских свидетельств на изобретения, шесть зарубежных патентов, около пятидесяти медалей ВДНХ и несколько премий различного уровня. Только в центральных издательствах издано более пятнадцати учебников, справочников и монографий. Часть работ включена в Технические правила ведения взрывных работ на земной поверхности и Нормативный справочник по буровзрывным работам. В этих работах принимали участие вместе с проф., д-ром техн. наук Б.Н. Кутузовым доктора техн. наук В.А. Белин, В.К. Рубцов, кандидаты техн. наук Р.Г. Шмидт, В.П. Якимов, Г.И. Шаронов, В.Ф. Носков, А.А. Вареничев, А.Ф. Авдеев, В.И. Сивенков и др.

Проф. Г.М. Крюковым вместе с рядом сотрудников были выполнены исследования, в которых установлены новые закономерности по физике процессов разрушения горных пород при бурении и взрывании, что позволило выявить область влияния динамичности на снижение эффективности разрушения горных пород при бурении и взрывании.

Были установлены также закономерности изменения свойств горных пород в результате их нагружений взрывными волнами. Новизна этих исследований защищена четырьмя авторскими свидетельствами на изобретения. В них принимали участие доц. канд. техн. наук С.Б. Габдрахманов, кандидаты технических наук М.Г. Горбонос (в настоящее время профессор), В.С. Чмыхалов, И.Е. Хмара, М.А. Новикова и Т.Х. Сагитов.

В эти годы (1970—1985) на кафедре проводились также исследования по выявлению общих закономерностей разрушения горных пород при бурении скважин шарошечными долотами. Результаты большинства научных работ коллектива кафедры были внедрены в промышленность.

В результате теоретических разработок, выполненных под руководством проф. В.П. Тарасенко, определен комплекс физико-технических характеристик массивов пород, а также параметров взрывчатого превращения ВВ, необходимый для оценки

эффективности ВВ в конкретных горно-геологических условиях. Данный комплекс позволяет устанавливать оптимальное соответствие взрываемого массива, типа ВВ, диаметра заряда ВВ и условий его инициирования.

Результаты работы внедрены на четырех карьерах Ленинградского, Московского и Краснодарского специализированных управлений треста «Союзвзрывпром». В результате внедрения снижен выход негабарита в 1,5–2 раза и существенно улучшилось качество проработки подошвы. На объектах треста «Союзвзрывпром» внедрены рекомендации доц., канд. техн. наук В.И. Сивенкова по расчету параметров защитных укрытий от разлета кусков породы при взрыве и параметров скважинных зарядов рыхления с учетом физико-технических характеристик взрываемых пород и выбору оптимального типа ВВ и условий инициирования зарядов. Значительной работой коллектива явилось издание через издательство «Недра» книг «Лабораторные и практические работы по разрушению горных пород взрывом» (под редакцией проф. Б.Н. Кутузова) и «Разрушение горных пород взрывом» (авторы — профессора А.Ф. Суханов и Б.Н. Кутузов), «Проектирование взрывных работ в промышленности», «Безопасность взрывных работ в промышленности» и «Справочник взрывника» (под редакцией проф. Б.Н. Кутузова). В издательстве МГИ были выпущены монографии и учебники «Разрушение горных пород взрывом» и двухтомник «Методы ведения взрывных работ» (автор — проф. Б.Н. Кутузов), «Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании» (автор — проф. Г.М. Крюков), «Обоснование и расчет параметров скважинных зарядов на открытых горных работах» (автор — проф. В.П. Тарасенко).

В настоящее время на кафедре работают пять профессоров, докторов технических наук: В.А. Белин (заведующий кафедрой), заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, лауреат премии Правительства РФ Б.Н. Кутузов, Г.М. Крюков, В.П. Тарасенко, С.К. Мангуш, проф., канд. техн. наук М.Г. Горбонос, а также доценты, кандидаты технических наук: В.А. Кузнецов, В.И. Сивенков и А.А. Трусов. Все они защитили диссертации в Московском горном институте — МГИ, а с 1993 г. Московском государственном горном университете — МГГУ, и являются продолжателями научной школы БВР, заложенной в МГИ

бывшим его ректором (1957–1961 гг.) и заведующим кафедрой БВР проф., д-ром техн. наук А.Ф. Сухановым.

Кафедра имеет современную лабораторную базу, в том числе взрывные камеры, аппаратуру для регистрации быстропротекающих детонационных и других процессов и электроимпульсную технику, станцию для наглядного моделирования взрывных процессов разрушения непосредственно в учебных аудиториях.

Важным для повышения качества обучения студентов явилось создание под руководством и при участии проф. Б.Н. Кутузова двух многочасовых учебных фильмов по буровым и взрывным работам. Второй фильм из трех частей «Мирные взрывы в промышленности» был создан при активном участии ППП «Кривбассвзрывпром».

Учебно-практические занятия проводятся с использованием широкого набора технических средств обучения (слайды, плакаты, стенды), имитаций взрывчатых веществ (ВВ) и средств инициирования (СИ), а также с реальной контрольно-измерительной аппаратурой для электрического взрывания.

С целью улучшения качества подготовки студентов профилизации взрывников кафедрой впервые стали проводиться лабораторно-практические занятия непосредственно на горных предприятиях (ОАО «Лебединский ГОК», «КМАруда»), а также в условиях лабораторий и полигонов ИХФ РАН, НПО «Союз» и др.

Учитывая профессионализм сотрудников кафедры РПВ и большой опыт в области взрывных работ, Госгортехнадзор России выдал МГГУ четыре лицензии на право осуществления деятельности по подготовке специалистов-руководителей и исполнителей взрывных работ и работ с взрывчатыми материалами (ВМ), а также заведующих складами ВМ; разработке и испытанию промышленных ВМ, средств их упаковки, оборудования и приборов взрывного дела; применению допущенных Госгортехнадзором России промышленных ВМ и изделий из них, эксплуатации складов ВМ; проведению экспертизы (с выдачей заключения) по видам деятельности, связанным с взрывным делом.

Учитывая значимость взрывных работ для промышленности, а также рекомендации ряда Всероссийских совещаний по взрывным работам, кафедра РПВ, при активной поддержке ректората МГГУ и Госгортехнадзора РФ, первая в России и странах СНГ, начиная с 1998 г. открыла подготовку горных инженеров

по новой горной специальности «Взрывное дело» и стала выпускающей таких горных инженеров.

Главное, ради чего и существуют коллективы профессоров и преподавателей в вузах, — это подготовка специалистов. Эту задачу кафедра «Разрушение горных пород взрывом» все годы выполняет успешно.

Первый выпуск горных инженеров-физиков-взрывников состоялся в 1974 г. в количестве 22 человек. В последующие годы кафедрой подготовлено около 450 высококвалифицированных горных инженеров-физиков-взрывников, которые активно работают в горно-добывающей промышленности, в НИИ, вузах и техникумах, руководят трудовыми и научными коллективами и уже сами занимаются подготовкой квалифицированных кадров.

Среди выпускников кафедры — десять кандидатов и два доктора наук. Так, например, А.А. Борзых — заведующий кафедрой Курского политехнического института, А.М. Балычев — главный инженер рудоуправления Лебединского ГОКа, А.Г. Еременко — зам. управляющего ОАО «Союзвзрывпром», С.А. Арташкин — директор химического завода в г. Ефремов, И.А. Леванковский — директор завода бурового инструмента «Пигма», Ю.В. Горлов — генеральный директор Междуведомственной комиссии по взрывному делу, М.И. Феодоритов — технический директор ЗАО «Взрывиспытания», В.И. Сивенков — доцент МГГУ, В.А. Белин — проф., д-р техн. наук, зав. кафедрой РПВ МГГУ с 1997 г.

Коллектив кафедры с оптимизмом смотрит в будущее и, опираясь на своих выпускников, решает сложные задачи подготовки кадров инженеров-взрывников третьего тысячелетия.

В 1999 г. по инициативе зав. кафедрой В.А. Белина создана автономная «Национальная ассоциация инженеров-взрывников» (НОИВ), которая проводит совместно с Ростехнадзором России и коллективами кафедры, научно-исследовательских институтов и заводов широкий спектр мероприятий по повышению квалификации взрывников, проведению тематических конференций по стратегическим вопросам взрывного дела, подготовке экспертов по различным направлениям взрывных работ.

В 2004 г. НОИВ вступила в Европейскую ассоциацию и получила юридическое право вести подготовку взрывников по европейским стандартам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УЧЕНЫХ И ИНЖЕНЕРАХ-ВЗРЫВНИКАХ, СВЯЗАННЫХ С ВЕДЕНИЕМ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВЗРЫВНОЕ ДЕЛО——

В разделе даны сведения об известных ученых и инженерах, проводивших исследования и практические работы в области взрывного дела. Автор заранее приносит извинения тем ученым и инженерам, которые по вине автора на упомянуты в этом перечне как из-за объема книги, так и из-за многообразия научной и практической деятельности огромного коллектива ученых и инженеров в области взрывного дела.



АВДЕЕВ Федор Алексеевич (13.11.1914 —1998) родился в с. Старо-Девичье Ельниковского р-на Мордовской АССР. Участник ВОВ. Окончил Московский горный институт (1940), канд. техн. наук (1970). С 1947 по 1955 гг. — начальник управления треста «Взрывпромстрой», с 1955 г. — начальник Мурманского специализированного управления. С 1966 по 1986 гг. — гл. инженер треста «Союзвзрывпром». Внес большой вклад в коренное совершенствование техники и технологии буровзрывных работ при отбойке пород в стесненных условиях. Рекомендации по выбору эффективных режимов буровзрывных работ, типу укрытий и расчету их массы вошли в действующие Технические правила и Нормативный справочник, широко используемые при проектировании буровзрывных работ более 30 лет. По его инициативе и при личном участии были проведены в 1960—1980-е гг. серии массовых взрывов по созданию каменно-набросных сооружений и профильных выемок (каналов, котлованов и др.) в различных регионах СССР. Под его руководством получила дальнейшее развитие технология взрывов на выброс и сброс с помощью зарядов различной конструкции при их многорядном расположении. С 1970-х гг. разрабатывались методические основы для коренного совершенствования ассортимента ВМ на основе использования простейших и утилизированных ВВ. Большое внимание уделял привязке результатов теоретических исследований процессов взрывного разрушения к практическим обоснованиям рациональных параметров и различных режимов осуществления на карьерах и строительстве взрывов

на выброс и сброс. Автор более 50 печатных трудов по вопросам взрывных работ в различных условиях, в т. ч. Технических правил и Нормативного справочника по буровзрывным работам. Автор 45 изобретений. Лауреат Государственной премии СССР (1971). Награжден орденом Отечественной войны II ст., «Знак Почета». Заслуженный строитель РСФСР (1985).

Публикации: Производство массовых взрывов. — М.: Недра, 1977.



АДУШКИН Виталий Васильевич — доктор физико-математических наук, профессор, академик Российской академии наук, научный руководитель Института динамики геосфер РАН, специалист в области геофизики, геомеханики, физики и сейсмологии взрывов. Им опубликовано 290 научных работ, в том числе 7 монографий. Лауреат премии Совета Министров СССР (1989 г.) и Правительства РФ (1996 г.). В.В. Адушкин родился 10 сентября 1932 г. в Москве. В 1956 г. окончил Московский инженерно-физический институт. Трудовую деятельность начал младшим научным сотрудником в Институте химической физики АН СССР в лаборатории горения и взрыва над исследованиями процесса передачи детонации, закономерностей распространения и отражения воздушных ударных волн, влияния приземного нагретого слоя на параметры ударный волны. В 1957—1960 гг. принимает участие в регистрации физических полей ядерных взрывов в атмосфере на Семипалатинском полигоне, в космосе, на полигонах Капустин Яр и Балхаш. В период 1961—1963 гг. В.В.Адушкин проводит исследования горения и детонации сферических объемов газовых взрывчатых смесей (на основе водорода, метана, пропана, ацетилена) и измерения параметров ударных волн в окружающей атмосфере. По результатам этого исследования в 1965 г. им была защищена кандидатская диссертация.

В 1963 г. В.В.Адушкин переходит работать в Институт физики Земли АНСССР. Основным направлением исследований в

это время становятся подземные ядерные и химические взрывы. В.В.Адушкин принимает активное участие в регистрации механического и сейсмического действия подземных ядерных взрывов на Семипалатинском полигоне. Значительный объем исследований по механике подземных взрывов выполнен им в лабораторных условиях на моделях твердого тела с различными физико-механическими свойствами. В результате были установлены закономерности развития камуфлетной полости, зон пластических деформаций, разрушения, трещиноватости и в конечном итоге разработана приближенная теория подземного взрыва.

В.В. Адушкин участвовал в разработке проектов и проведении наблюдений при использовании ядерных взрывов в мирных целях. Для прогнозирования результатов экскавационного (перемещающего) действия таких взрывов им разработан метод физического моделирования, в котором для соблюдения условий подобия используется вакуумная камера и источники взрыва в виде объемов сжатого газа. Этот метод моделирования был также успешно использован при определении оптимальных параметров размещения зарядов ВВ в проектах сооружения крупных взрывонабросных плотин, таких как Алма-Атинская, Байпазинская, на р. Бурлыкия, на р. Уч-Терек и др. Результаты исследований В.В. Адушкина в области действия взрыва послужили основой новых технологий применения ВВ в горном деле (премия Совета Министров СССР, 1989 г.), при строительстве гидротехнических и промышленных объектов (премия Правительства РФ, 1996 г.), при разработке критериев безопасного проведения взрывных работ на земной поверхности и в подземных условиях (опубликованы в Единых правилах безопасности Ростехнадзора РФ).

В период 1972—1988 гг. В.В.Адушкин проводит систематические наблюдения геофизических полей, разрушения массивов, обрушения склонов, истечения газов при ядерных взрывах на Новоземельском полигоне. По результатам этих наблюдений были разработаны методики сейсмической и радиационной безопасности, определения минимально допустимых глубин размещения ядерных зарядов, прогноза времени начала истече-

ния радиоактивных газов в атмосферу. В 1986 г. В.В.Адушкин защищает докторскую диссертацию по результатам теоретических и экспериментальных исследований подземных ядерных взрывов.

В 1991 г. В.В.Адушкин становится директором вновь организованного Института динамики геосфер РАН. Опираясь на многолетний опыт изучения эффектов и последствий ядерных и химических взрывов в земной коре, гидросфере, атмосфере и космосе, под его руководством в Институте был развит ряд новых научных направлений:

- геофизика сильных воздействий;
- геодинамика глубинных структур;
- геомеханика земной коры.

В 1997 г. В.В.Адушкин избирается членом-корреспондентом Российской Академии наук по специальности геофизика, а в 2003 г. академиком. В.В. Адушкин является руководителем признанной научной школы по геомеханике природных структур земной коры, председателем Научного совета РАН по проблемам народно-хозяйственного использования взрыва, членом бюро Отделения наук о Земле РАН и Междуведомственного совета при Ростехнадзоре РФ, заведует кафедрой геофизики сильных воздействий в Московском физико-техническом институте.

В.В. Адушкин хорошо известен в международных научных кругах, он является членом американского геофизического общества и представляет РАН в корпорации сейсмологов американских университетов IRIS.



АЗАРКОВИЧ Александр Еремович (5.03.1933—20.02.2007) родился в г. Гомель. В 1956 г. окончил Московский горный институт по специальности «Разработка полезных ископаемых». Канд. техн. наук (1965 г.). Старший научный сотрудник (1971 г.). Работал начальником смены на шахте Левихинского медного рудника на Урале (1956—1957 гг.); инженером, старшим инженером производственно-экспери-

ментального управления треста «Союзвзрывпром» в Москве (1957 — 1961 гг.); старшим научным сотрудником Центрального геологического института цветных, редких и благородных металлов (ЦНИГРИ) Мингео СССР (1961 — 1972 гг.). С 1972 г. — начальник сектора, главный инженер проекта, советник генерального директора, главный специалист Специального проектно-изыскательского института «Гидроспецпроект».

В период работы в Союзвзрывпроме провел исследование в производственных условиях (гранитные карьеры Украины и рудники Асбеста) влияния основных параметров скважинных зарядов на преодоление зарядами сопротивления по подошве уступа. Результаты этой работы вошли во многие учебники по взрывному делу.

Во время работы в ЦНИГРИ занимался исследованием дробимости взрывных пород ряда карьеров, производственными испытаниями и оценкой новых гранулированных и водосодержащих ВВ.

Приведенные в «Гидроспецпроекте» при участии и под руководством А.Е. Азарковича научные и экспериментальные исследования позволили разработать интенсифицированные и безопасные методы взрывной подготовки скальных оснований ответственных гидротехнических сооружений, в т. ч. контурное взрывание у откосов, взрывания вблизи бетонируемых сооружений, строительства каналов взрывами на выброс, возведения взрывонабросных плотин, взрывного рыхления скальных массивов с достижением заданной кусковатости горной массы и др.

За время работы в «Гидроспецпроекте» А.Е. Азаркович принимал активное участие в обосновании и разработке проектов буровзрывных работ на строительстве канала Нура-Сарысу, Саяно-Шушенской, Чарвакской, Днестровской, Таш-Кумырской, Рогунской, Камбаратинской ГЭС и других объектов. Значительное внимание уделяет обобщению экспериментальных, проектных и производственных материалов, имеющихся в «Гидроспецпроекте», с доведением их до практических рекомендаций и нормативной документации (СНиП, ВСН).

Автор более 20 авторских свидетельств и патентов на изобретения и более 20 технических публикаций, среди которых 13 отдельных изданий. Основные из них:

- А.Е. Азаркович, А.П. Тихомиров. Современные промышленные взрывчатые вещества, их оценка и условия рационального применения на карьерах. — Изд. института «Цветметинформация». — М., 1969. — 6,25 печ. л.
- А.Е. Азаркович, М.И Шуйфер., А.П. Тихомиров. Взрывные работы вблизи охраняемых объектов. — М.: Недра, 1984. — 11,8 печ. л.
- А.Е. Азаркович, Ю.А. Фишман, М.И.Шуйфер. Взрывная подготовка оснований гидротехнических сооружений. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 7,2 печ. л.
- А.Е. Азаркович и др. Дробление скальных массивов взрывом в практике гидротехнического строительства. — М.: Энергоатомиздат, 1993. — 9,0 печ. л.
- Коллектив авторов. Технические правила ведения взрывных работ в энергетическом строительстве. — Третье издание. — М.: «Гидропроект», 1997. — 14, 5 печ. л.
- М.Б. Эткин, А.Е. Азаркович. Взрывные работы в энергетическом и промышленном строительстве. — МГГУ, 2004. — 20 печ. л.

Награжден орденом «За заслуги перед Отечеством» II степени, медалью «850 лет Москвы», ведомственными знаками «Почетный энергетик», «Почетный работник топливно-энергетического комплекса», «Почетный строитель» и медалями ВДНХ.



АЛЕКСАНДРОВ Виктор Евгеньевич (12.07.1932 — 19.05.1995). Родился в г. Феодосия Крымской обл., в 1956 г. окончил Днепропетровский горный институт. После его окончания работал в Донбассе в должностях: помощника начальника участка, районного инженера треста, начальника производственно-экспериментального управления буровзрывных работ.

В 1967 г. перешел на работу в ИГД им. А.А. Скочинского на должность заведующего лабораторией, а с 1985 г. — заведующего отделением технологии подготовительных выработок.

Он являлся научным руководителем отраслевой комплексной программы «Усовершенствовать и осуществить широкое внедрение прогрессивных способов и технических средств проведения, крепления и поддержания подготовительных горных выработок».

В 1968 г. защитил кандидатскую, в 1985 г. — докторскую диссертации. В 1987 г. утвержден в звании профессора.

В.Е. Александров являлся высококвалифицированным специалистом и крупным ученым в области взрывного дела, технологии горно-подготовительных работ в угольных шахтах. Под его научным руководством и при непосредственном участии выполнен и внедрен ряд важных для отрасли разработок, направленных на повышение эффективности и безопасности взрывных работ, совершенствование техники и технологии проведения подготовительных выработок.

Им были созданы: новые взрывчатые материалы и способы производства взрывных работ для угледобывающих горных предприятий, обеспечивающие эффективное разрушение угля и горных пород; высокопредохранительные ВВ для производства взрыва в особо опасных условиях; средства механизированного заряжания шпуров и скважин водосодержащими ВВ, автоматическая система взрывоподавления воспламеняющегося метана и угольной пыли; технология торпедирования труднообрушаемой кровли, теоретические основы эффективной технологии взрывных работ в опасных по газу и пыли угольных шахтах. Им опубликовано более 200 научных работ и получено 50 авторских свидетельств на изобретения.

Под его научным руководством 7 аспирантов подготовили и защитили кандидатские диссертации.

Награжден орденом «Знак Почета», знаком «Шахтерская слава» II и III степени. В 1995 г. избран действительным членом Академии горных наук.

Основные труды:

1. Александров В.Е., Иоффе В.Б., Кукиб Б.Н. Повышение эффективности и безопасности взрывных работ в угольных шахтах. — М.: ИГД им. А.А. Скочинского. 1982. — 38 с.

2. Александров В.Е., Кочанов А.Н., Левин Б.В. О взаимосвязи прочностных и акустических свойств пород в зоне предразрушающего действия взрыва. — ФТПРПИ, 1987. — № 4.

Литература о нем:

Сборник статей «Разрушение взрывом и необратимые деформации горных пород», посвященный памяти В.Е. Александрова / Под ред. Е.И. Шемякина. — ИГД им. А.А.Скочинского, 1997.



АССОНОВ Василий Андреевич (8.1.1893—25.3.1964) — один из перых ученых и педагогов в области взрывного дела. Окончил Химический институт в Германии (1912). С 1919 г. руководил использованием взрывов в народном хозяйстве. Один из первых разработал предохранительные ВВ для взрывания в угольных шахтах, опасных по взрыву газа и угольной пыли, разработал первые методы борьбы с ядовитыми газами при взрыве. По его инициативе в 1952 г. была создана Междуведомственная комиссия по взрывному делу. Выпустил первый учебник в СССР для студентов горных вузов «Взрывные работы».



БАГДАСАРОВ Арташес Григорьевич (1914 — 2001). Родился в с. Караундж (Армения). Учился в 1933—1936 гг. на Индустриальном рабфаке в г. Баку, 1936—1938 гг. — в Учительском институте в Баку, в 1938 г. поступил в Институт инженеров железнодорожного транспорта (МИИТ) в Москве. Участник Великой Отечественной войны. В 1943 г. демобилизован по ранению. В 1944 г. окончил МИИТ. С 1944 по 1960 гг. работал в «Желдорвзрывпроме», где с 1948 г. занимал должность главного инженера Московской конторы «Желдорвзрывпрома». В 1960 г. перешел на работу в трест «Гидроспецстрой», где последовательно занимал должности на-

чальника отдела, заместителя управляющего трестом по буровзрывным работам (1965 г.) и после преобразования треста в 1973 г. — заместителя начальника Всесоюзного объединения «Союзгидроспецстрой» по буровзрывным работам. В 1977 г. А.Г. Багдасаров перешел на работу в систему Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР («Спецмелиоводстрой» и институт «Союзгипроводхоз»). В 1986 г. ушел на заслуженный отдых с получением персональной пенсии.

А.Г. Багдасаров являлся выдающимся и талантливым организатором развитой технологии буровзрывных работ в системе «Союзгидроспецстроя». Объемы буровзрывных работ в годы его работы в «Союзгидроспецстрое» достигли максимума — 60,0 млн $м^3$ в год.

При этом под руководством и по инициативе А.Г. Багдасарова была реализована схема организации БВР, в которой последовательно проводился анализ условий работ, выполнялись необходимые экспериментальные взрывы на месте работ, выдавались по их результатам рекомендации, которые оперативно включались в проекты производства работ и таким образом очень быстро внедрялись в производство.

Для осуществления такой схемы в институте «Гидроспецпроект» (входил в систему «Союзгидроспецстроя») были созданы отделы экспериментальных и геофизических работ, укомплектованные квалифицированными специалистами, работающими в тесной связи с проектным отделом БВР. Процесс проектирования и производства БВР осуществлялся при постоянном жестком надзоре и контроле на всех стадиях со стороны руководства буровзрывным направлением «Союзгидроспецстроя», т.е. непосредственно А.Г. Багдасарова.

Система организации БВР в «Союзгидроспецстрое» способствовала возникновению и развитию школы специалистов-взрывников в энергетическом строительстве, существующей до настоящего времени.

А.Г. Багдасаров руководил проектированием и производством БВР на строительстве крупнейших гидравлических и тепловых электростанций, промышленных объектов, в числе которых такие объекты, как Братская, Красноярская, Усть-Илимская, Саяно-Шушенская, Нурекская, Чиркейская ГЭС, Рязанская ГРЭС,

Канско-Ачинский тепловой энергокомплекс, канал Иртыш—Караганда, Норильский ГМК, КамАЗ, ВАЗ и др.

А.Г. Багдасаров был инициатором в составе коллектива авторов разработки первых двух редакций «Технических правил ведения взрывных работ в энергетическом строительстве» (1967 и 1972 гг.), а также совместно с С.А. Давыдовым и Р.Я. Страусманом автором книги «Взрывные работы в гидротехническом строительстве» (1969).

Награжден 15 правительственными наградами, среди которых ордена Отечественной войны 1-й степени, «Знак Почета», медали «За отвагу», «За трудовое отличие». Имел почетный знак и звание «Заслуженный строитель РСФСР».



БЕЙСЕБАЕВ Акылжан Масымханович родился 20 мая 1936 г. в станице Талгар Алдматинской области, горный инженер, специалист в области взрывного дела, доктор технических наук (1988), профессор (1988), академик международных Академий наук высшей школы (2003), Академии «Экология» (1997), Академии информатизации (2001), Академии горных наук России (2000), член отделения наук о Земле НАН РК (1997). Окончил в 1960 г. Казахский горно-металлургический институт. В 1960—1964 гг. — горный мастер, пом. начальника участка шахты, ведущий инженер отдела безопасности комбината «Карагандауголь»; с 1964 г. — главный инженер буровзрывного полигона, ст. преподаватель, доцент, зав. кафедрой «Разрушение горных пород и шахтное строительство» КазНТУ (1977—2003).

Основные научные труды посвящены безопасности и механизации взрывных работ, а также созданию новых взрывчатых веществ, им разработано два новых ВВ, не имеющих аналогов по эффективности и простоте приготовления, автор системы комплексной механизации и безопасности взрывных работ, концепции развития взрывного дела в Казахстане, реализованной в

Межгосударственной программе, в результате выполнения которой Казахстан почти полностью обеспечил собственные потребности во взрывчатых веществах.

Автор более 200 научных трудов, в том числе 17 монографий, двух учебников, 40 изобретений. Под его руководством защищено 5 кандидатских и две докторских диссертации.

Профессор А.М. Бейсебаев окончил факультет повышения квалификации в Московском горном институте (1968), школу бизнеса в Колумбийском университете (США, 1992), прошел стажировку в Краковской горно-металлургической академии и на горных предприятиях (1987, Польша), на заводах взрывчатых веществ и на горных предприятиях фирмы «Динамит-Нобель» (1993, 2000, Германия), «Энсайн-Бикфорд» (1992, США), фирмы «Нитро-Нобель» (1994, Швеция), на горных предприятиях Канады (1996).

Награжден орденом и тремя медалями СССР, знаком «Шахерская слава», двумя знаками ЦК ВЛКСМ, золотой медалью Всесоюзного общества «Знание», лауреат премии Кабинета министров Республики Казахстан в области науки, отличник Высшей школы СССР, Почетный работник образования Казахстана.

Публикации: Проектирование взрывных работ в промышленности. — М.: Недра, 1983 (в соавторстве); Бурение скважин и горно-разведочные работы. — М.: Недра, 1990; Горно-геологический справочник по разработке рудных месторождений. — ИПЦ МЭШМР РК. — Т. 1—2. — Л., 1997 (в соавторстве); Проведение горных выработок. — Алматы: «Айкос», 1999.



БАРАНОВ Евгений Герасимович (12.06.1926—1991) родился в г. Няндома, Няндомский р-н, Архангельской обл. Окончил Московский институт цветных металлов и золота им. М.И. Калинина (горный факультет, горный инженер) в 1948 г. В 1971 г. защитил докторскую диссертацию, в 1972 г. ему присвоено звание профессора. С 1958 г. — заведующий отделом горного дела и металлургии

Академии наук Киргизской ССР, г. Фрунзе. С 1960 по 1966 гг. — директор Института горного дела и металлургии, директор Института горного дела, директор Института физики и механики горных пород Академии наук Киргизской ССР, г. Фрунзе. С 1966 по 1972 гг. — заведующий отделом, заведующий лабораторией Института физики и механики горных пород Академии наук Киргизской ССР, г. Фрунзе. В период с 1963 по 1967 гг. неоднократно выезжал за границу в служебные командировки для участия в международных симпозиумах и оказания технической помощи горно-рудной промышленности социалистических стран (ГДР, Венгрия, Чехословакия): 1963 г. — ГДР, 1964 г. — ГДР, 1965 г. — Чехословакия, 1966 г. — Венгрия, Чехословакия, ГДР. С 1951 по 1954 гг. — ассистент Института «Минцветметзолото», кафедра «Горные работы», зам. декана горного факультета, кандидат технических наук. С 1954 по 1958 гг. — доцент Института «Минцветметзолото», кафедра «Горные работы», и.о. зав. кафедрой, Москва. С 1972 по 1976 гг. — заведующий кафедрой горного дела разработки месторождений полезных ископаемых Фрунзенского политехнического института Министерства народного образования Киргизской ССР, г. Фрунзе. С 1976 г. — заведующий кафедрой горных машин Днепропетровского горного института им. Артема Министерства высшего и среднего образования УССР. В результате профессиональной деятельности активизировалась научно-исследовательская работа коллектива кафедры. Более 60 % научно-исследовательских работ являлись важнейшими и выполнялись по постановлениям Госкомитета по науке и технике СССР и постановлениям Совета Министров СССР. Был членом Междуведомственной комиссии по взрывном делу, председателем республиканской комиссии по борьбе с силикозом, членом ученого Совета по народнохозяйственному использованию взрыва при АН СССР, входил в состав редакционной коллегии журнала «Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых» СО АН СССР, был членом научного Совета по проблеме «Разрушение горных пород» Госкомитета по науке и технике Совета Министров СССР. Кроме этого, выполнял большую общественную работу, являясь председателем институтской организации общества «Знание», членом президиума районной организации общества «Знание», членом городской секции НТС

Минвуза УССР, членом секции машиностроения Приднепровского научного центра, членом горно-геологической секции областной организации общества «Знание», членом секции специализированных Советов по защитам докторских и кандидатских диссертаций. Награжден юбилейной медалью «За доблестный труд» в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина , 21 марта 1972 года, Почетной грамотой Президиума Верховного Совета Киргизской ССР за заслуги в развитии горной науки и подготовке кадров, 27 августа 1976 года. За успешную работу неоднократно награждался знаком «Победитель соцсоревнований», отмечался на Доске почета института, награжден почетной грамотой Минвуза СССР.

Опубликовано более 160 научных (рукописных и печатных) трудов , получено 64 авторских свидетельства на изобретения.

Публикации: Исследование процессов бурения и взрывания с применением киносъемки. — М.: Углетехиздат, 1959; Исследование детонации промышленных ВВ. Параметры ударных волн, созданные детонацией зарядов аммонита № 6ЖВ на границе заряд ВВ — горная порода // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — 1971 г. — №1. — Новосибирск: Наука, СО АН СССР; Зарядная машина — А.с. №471448, 1975 г.; Природа взрывной эффективности водного промежутка скважинного заряда // Известия вузов. Горный журнал. — 1980. — №7. — Свердловск.



БАРОН Лазарь Израилевич (06.07. 1913 — 03.06.1983). Родился в городе Херсоне в 1937 г., с отличием окончил горный факультет Института цветных металлов и золота им. М.И. Калинина. В 1940 г. защитил кандидатскую, в 1951 г. — докторскую диссертации; в 1958 г. утвержден в звании профессора. Заведующий лабораторией взрывных работ (1956—1959 гг.), отделом разрушения горных пород (1962—1968 гг.), лабораторией механических способов разрушения горных пород (1959—1975 гг.) Института горного дела им. А.А. Скочинского.

Научная и инженерная деятельность Л.И. Барона посвящена различным аспектам использования энергии ВВ на промышленных объектах и в строительстве. Основные достижения Л.И. Барона хорошо известны как в бывшем СССР, так и за рубежом и связаны, в первую очередь, с созданием принципиально нового класса двухкомпонентных ВВ, изготовление которых может производиться непосредственно на местах работ, а также с повышением эффективности взрывной отбойки за счет широкого внедрения скважинных зарядов на открытых разработках и в подземных условиях.

Л.И. Бароном были предложены общепринятые в настоящее время методы инженерных расчетов процессов разрушения, основанные на реалистичных критериях, интегрально характеризующих как свойства пород, так и особенности отбойки в различных горно-геологических и технических условиях. В результате Л.И. Бароном была создана новая прикладная дисциплина — горно-технологическое породоведение, основные положения которой широко применяются в настоящее время при практических расчетах процессов разрушения пород под воздействием взрывных нагрузок и механическими способами.

По инициативе и под руководством Л.И. Барона было впервые начато внедрение таких передовых методов отбойки, как контурное взрывание и разработка высокими уступами; была доказана технико-экономическая эффективность применения траншейных зарядов выброса, защитных укрытий различной конструкции и др.

Всего Л.И. Бароном опубликовано более 600 работ (включая около 50 книг), подготовлено свыше 50 кандидатов и докторов наук, в том числе по технологии буровзрывных работ.

Среди основных «потребителей» результатов исследований Л.И. Барона более 40 лет находится крупнейшая в РФ, а ранее в СССР, специализированная организация по производству буровзрывных работ — трест «Союзвзрывпром» (в настоящее время ОАО «Союзвзрывпром»), а также Министерство обороны РФ, на объектах которого были успешно использованы разработки Л.И. Барона, связанные с сооружением профильных выемок различного назначения, главным образом, в районах Сибири и Дальнего Востока.

Публикации: Барон Л.И. Применение глубоких скважин для подземной добычи руд. — М.: Металлургиздат, 1951; Барон Л.И., Росси Б.Д., Левчик С.П. Дробящая способность взрывчатых веществ для горных работ / Под общей редакцией Л.И.Барона — М.: Госгортехиздат, 1960; Барон Л.И. Горнотехнологическое породоведение. Предмет и способы исследований. — М.: Наука, 1977.



БАРОН Всеволод Лазаревич род. 29.10.1939 г. в Москве. Окончил Московский горный институт (1963), канд. техн. наук (1968), д-р техн. наук (1989). Работает в «Союзвзрывпроме». В Центральной производственно-экспериментальной специализированной строительной лаборатории — инженер, ст. инженер, зам. начальника и начальник отделов, гл. инженер; с 1991 г. — начальник. В 2001 г. избран председателем Совета ассоциации «Союзвзрывпром». Известный в СНГ специалист по проектированию взрывов на выброс и сброс, а также различных видов специальных взрывных работ, связанных с обрушением, в т. ч. и направленным. Обосновал высокую технико-экономическую эффективность применения взрывов на выброс в подводных условиях при разрушении пород широкого диапазона по крепости и трещиноватости. Проведенные в 1980—1990-е гг. подводные взрывы на выброс (суммарный расход ВВ превысил 50 тыс. т.) по его проектам и личном участии позволили значительно повысить эффективность указанных работ и не имеют аналогов как в отечественной, так и зарубежной практике. Им выполнен комплекс исследований по оценке области рационального применения созидательных взрывов для возведения профильных сооружений и вскрытия месторождений полезных ископаемых в различных горно-геологических и технических условиях. Впервые разработал инженерные методики расчета параметров буровзрывных работ, комплексно учитывающие природные и техногенные условия ведения работ. Автор реализованных проектов по сооружению с помощью направленных взрывов самой высокой в мире набросной плотины на р. Ахсу в Дагестане, обрушению зданий и сооружений повышенной

высоты (более 80—100 м) в стесненных условиях и мн. др. Автор более 200 печатных трудов и изобретений, в т.ч. «Технических правил» и «Нормативного справочника по буровзрывным работам», 5-е, 6-е изд. Лауреат премии Совета Министров СССР (1985), Правительства РФ (1996), премии им. А.Н. Косыгина Российского союза товаропроизводителей (2003). Награжден медалями ВДНХ. Почетный строитель России (2002).

Публикации: Производство массовых взрывов. — М.: Недра, 1977.



БЕЛИН Владимир Арнольдович родился 7 ноября 1953 года в Приморском крае. После окончания Московского горного института (МГИ) в 1977 г. работал в Государственном проектном научно-исследовательском институте «ПромНИИпроект» г. Москвы в должности инженера. С декабря 1979 г. — аспирант очного отделения МГИ. В 1981 г. принят на должность младшего научного сотрудника отраслевой лаборатории кафедры «Разрушение горных пород взрывом». В 1983 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. С февраля 1986 г. — ассистент кафедры «Разрушение горных пород взрывом», с 1989 г. — доцент той же кафедры. В 1996 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук, в июне этого же года избран по конкурсу на должность заведующего кафедрой «Разрушение горных пород взрывом». В мае 1999 г. присвоено ученое звание профессора. В марте 2003 г. Ученым советом Московского государственного горного университета избран деканом физико-технического факультета.

В.А. Белин в числе инициаторов и создателей новой в Российской Федерации специальности «Взрывное дело» — председатель учебно-методической комиссии по этой специальности.

Является организатором (2001) и президентом Национальной организации инженеров-взрывников России, членом Всемирной организации инженеров-взрывников и Европейской федерации инженеров-взрывников, членом Совета по использованию энер-

гии взрыва в народном хозяйстве и Межведомственного Совета по взрывному делу при Ростехнадзоре, членом ряда диссертационных Советов. Он главный редактор «Информационного бюллетеня национальной организации инженеров-взрывников» и ежегодного сборника научных статей «Проблемы взрывного дела», член редколлегии «Горного журнала Казахстана».

Основные опубликованные статьи: Технические и экологические аспекты применения ВВ из утилизируемых боеприпасов на горных предприятиях / В сб.: Взрывное дело. — 1998. — № 91/48. — С.173—179. — М.: МВК по ВД; Способы изготовления водосодержащих и эмульсионных ВВ с использованием конверсионных компонентов // Горный информационно-аналитический бюллетень. —1995. — №2. — С.10.

В.А. Белин — соавтор учебных программ по дисциплинам специальности 091000 «Взрывное дело», учебника «Технология специальных взрывных работ», учебника «Технология и безопасность взрывных работ». Кроме того, им лично и в соавторстве издано 22 учебных и учебно-методических пособия. Является автором и соавтором 64 печатных научных трудов, в т. ч. 2 монографий, 7 патентов и 5 авторских свидетельств на изобретения. Под его руководством 3 аспиранта защитили кандидатские диссертации.

В.А. Белин является «Почетным работником высшего профессионального образования РФ», награжден медалью «В память 850-летия Москвы», нагрудным знаком «Шахтерская слава» III степени.

БОРЕСКОВ Михаил Матвеевич. Видным теоретиком и практиком минно-подрывного дела был военный инженер, генерал-лейтенант Михаил Матвеевич Боресков.



В 1853 г. подпоручик М.М. Боресков «отправляется в кампанию», где ему поручают устройство минных заграждений, а также разрушение взрывами крепостей Килим и Измаила, в ходе которых им было произведено 550 взрывов зарядов общей массой 44 т пороха.

После окончания войны 1853—1855 гг. на М.М. Борескова возлагают особые поручения по производству взрывных работ и устройству минной обороны Кронштадта.

В 1858 г. на Николаевской верфи было закончено строительство двух крупных кораблей «Цесаревич» и «Синоп». Их осадка в воде превышала глубину корабельного канала, соединявшего судоверфь с морем.

Когда выяснилось, что для углубления канала при помощи землечерпалок потребуется два года, то обратились за помощью к М.М. Борескову.

Михаил Матвеевич энергично взялся за решение этой проблемы и за 45 дней (вместо двух лет), углубив взрывами канал, вывел корабли в море. При этом затраты на производство работ по углублению канала снизились в десятки раз.

В 1860—1863 гг. под руководством М.М. Борескова были проведены большие работы по углублению гаваней и организации минной обороны важнейших морских крепостей и портов.

В 1876 г. вышел его труд «Руководство по минному искусству в применении его к подводным оборонительным минам и гидротехническим работам». В этом труде теоретически обобщены работы М.М. Борескова по взрывному делу и опубликованы первые в мире научные данные об исследовании действия взрыва под водой.



ВИКТОРОВ Сергей Дмитриевич родился 07.4.1943 в г. Свердловске, окончил МФТИ по специальности «Физика и механика быстропротекающих процессов» (1967), канд. техн. наук (1976), д-р техн. наук (1987), профессор (1995), действ. член Академии горных наук. Работал в секторе физико-технических горных проблем Института физики Земли АН СССР. После образования Института проблем комплексного освоения недр РАН работает зам. директора по

науке. Ведущий специалист в области физико-технических проблем разрушения горных пород и в области создания и применения простейших ВВ, предназначенных для горнодобывающей промышленности. Занимался проблемами применения ВВ, изготавливаемых вблизи горных предприятий. Под руководством Г.П.Демидюка занимался разработкой различных типов ВВ: ифзанитов, игданитов с алюминием, составов с различными добавками, улучшающими их физическую стабильность. В 1960-е гг. им были разработаны компьютерные методы расчета свойств ВВ. Используя предложенные им расчетные методы, можно, не проводя дорогостоящих экспериментов, прогнозировать свойства новых ВС и выбирать наиболее целесообразные рецептуры. С его участием разработаны взрывчатые составы: ифзаниты марки Т, игданит А-6, акванал, акванал-ипконит и гранулит А-6. Все они прошли стадии от лабораторных исследований до промышленных испытаний и были допущены Госгортехнадзором СССР и России к постоянному применению. Под его научным руководством ведутся работы по изысканию нетрадиционных источников энергии разрушения горных пород. Впервые в мире предложено использовать для разрушения горной породы химически активные вещества, выделяющие дополнительную энергию при взаимодействии с горной породой. Им в соавторстве разработана новая концепция совершенствования буровзрывных работ на подземных рудниках, следствием которой является создание и внедрение новой перспективной крупномасштабной технологии добычи полезных ископаемых на подземных рудниках с применением мощных концентрированных зарядов большой массы и значительным сокращением числа массовых взрывов на горных предприятиях. Член ряда научных советов и двух советов по защите докторских диссертаций. Опубликовал более 150 научных трудов, получил свыше 30 авторских свидетельств на изобретения и патентов. Лауреат премии Ленинского комсомола (1972), Государственной премии СССР (1988), Премии правительства РФ (1995, 2004).



ВЯЗОВСКИЙ Игорь Иванович (1933—2003) родился в г. Орехово Запорожской обл. Окончил Днепропетровский горный институт (1957). С 1957 г. работал в тресте «Союзвзрывпром»: мастер, технический руководитель участка, начальник участка, начальник ПТО управления, начальник Мурманского управления, заместитель главного инженера треста. С 1980 по 2003 гг. директор ФГУП «Союзвзрывпром». С 1991 г. одновременно — ген. директор ассоциации «Союзвзрывпром». Крупный организатор производства буровзрывных работ. Внес значительный вклад в создание и освоение принципиально новых технологий и совершенствование ассортимента ВМ при взрывной отбойке как на карьерах, так и строительстве. Осуществлял личное руководство и координацию комплекса работ по успешному применению крупномасштабных взрывных работ при вскрытии месторождений полезных ископаемых в горных условиях, проходке профильных выемок, в т. ч. в подводных условиях, ряде важных объектов мелиоративного, водохозяйственного и дорожного строительства. Одно из основных направлений деятельности — широкое промышленное внедрение направленных взрывов на выброс и сброс при возведении каменно-набросных сооружений различной конфигурации, разработке месторождений полезных ископаемых, проведении специальных взрывных работ. Участник ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС и землетрясения в Армении. Автор более 30 печатных трудов и 14 изобретений, связанных с проблемами совершенствования буровзрывных работ. Принимал участие в разработке действующих «Технических правил ведения взрывных работ» и «Нормативного справочника по буровзрывным работам» (4-е и 5-е изд.). Лауреат премии СМ СССР (1986), Правительства РФ (1996), премии им. А.Н. Косыгина Российского союза товаропроизводителей (2003). Награжден орденом Дружбы народов, медалями ВДНХ. Заслуженный строитель РСФСР (1984).



ГАЙВОРОНСКИЙ Иван Николаевич родился 01.05.1940 г. на хуторе Кордон № 2 Дагестанской АССР. Окончил Грозненский нефтяной институт по специальности «Машины и оборудование» (1962), д-р техн. наук (1998), профессор (2003), действительный член Международной академии информатизации, чл.-корр. РАЕН (2004). Вся его деятельность связана с изучением действия взрыва и продуктов горения на призабойную зону нефтегазовых скважин. С 1962 г. — в Раменском отделении «ВНИПИвзрывгеофизика», которое специализировалось на разработке прострелочно-взрывной аппаратуры для целей вторичного вскрытия и интенсификации нефтегазовых притоков взрывными и импульсными методами. С 1972 по 1986 гг. — в бывшем Ухтинском индустриальном институте: доцент кафедры, декан нефтегазопромыслового и геологического факультета, проректор по учебной работе. С 1985 по 1989 гг. — заместитель директора «ВНИПИвзрывгеофизика», с 1992 г. — директор. Под его непосредственным руководством разрабатываются кумулятивные заряды и перфораторы, пороховые генераторы давления, взрывные средства для предотвращения и ликвидации аварий в бурении, им разрабатывались проблемы использования жидких ВВ для целей интенсификации притоков в нефтяных и газовых скважинах и т. д. Возглавляемое им направление по комплексному использованию энергии взрыва для целей наиболее эффективной разработки нефтяных и газовых месторождений широко востребовано и имеет хорошую перспективу. Член Междуведомственного совета по взрывному делу. Автор около 60 опубликованных работ, в том числе монографий и учебных пособий, имеет 13 авторских свидетельств. Награжден орденом «Знак Почета», знаком «Отличник разведки недр», почетный нефтяник.

Публикации: Гайворонский И.Н. и др. Породы-коллекторы нефти и газа Западной Сибири. Их вскрытие и опробование. — М., 2000; Гайворонский И.Н. и др. Методы интенсификации притоков в нефтяных и газовых скважинах с использованием энергии взрыва и горения взрывчатых материалов. — М., 1990.



ДАВЫДОВ Степан Александрович (1911—1998). Родился в семье дворян в с. Кулеватово Тамбовской губернии в 1911 г. Трудовую деятельность начал коллектором в георазведке в 1930 г. по окончании средней школы в г. Тамбове. В 1931 г. перешел на работу на медный рудник, где обучился взрывному делу. В 1933 г. переехал в Москву и поступил на работу горным техником в «Союзвзрывпром», откуда был послан на Дальний Восток.

Работал на БАМе, в Комсомольске-на-Амуре на карьере камня. В 1933 — 1935 гг. служил в армии. В 1935 г. вернулся в Москву, работал в Метрострое. С 1936 г. работал в ПЭУ «Союзвзрывпрома», где получил удостоверение на право ведения взрывных работ. Работал в бригаде по внедрению в горной промышленности динамитов. В 1938—1940 гг. занимался взрывными работами по посадке насыпей на минеральное дно болот. В 1940 г. заочно окончил Подольский индустриальный техникум и получил специальность горного техника с правом руководства открытыми горными и буровзрывными работами. С начала войны вел работы по налаживанию производства динамитов на подмосковных заводах, в горной промышленности, по рационализации буровзрывных работ на шахтах и торфопредприятиях Подмосковья. В 1946 г. руководил бригадой ПЭУ «Союзвзрывпром» на строительстве ирригационных каналов в Узбекистане. Были отработаны параметры по прокладке каналов в оплывающих грунтах. В 1952 г. С.А. Давыдов был назначен начальником отдела массовых взрывов в ПЭУ. Принимал участие в моделировании, проектировании и проведении массового взрыва для вскрытия Алтын-Топканского месторождения под Ташкентом. В дальнейшем руководил подразделениями экспериментальных работ ПЭУ «Союзвзрывпрома» и выполнял исследования по изучению зарядов выброса, короткозамедленного взрывания, метода скважинных зарядов. Разрабатывал расчетные положения для скважинных зарядов на предприятиях в Асбесте и Сатке, в Норильске и Джезказгане, в Кабулсае и Надвойцах, на ЮГОКе и в Ярегских нефтешахтах.

В 1963 г. С.А. Давыдов переходит на работу в институт «Гидроспецпроект» на должность начальника экспериментального отдела и работает в нем до ухода на пенсию в 1989 г.

В «Гидроспецпроекте» руководил экспериментальной разработкой различных взрывных технологий: взрывы на выброс при сооружении канала Иртыш—Караганда, в том числе с применением порохов и других списанных боеприпасов; моделирование и производство взрыва для сброса складированного грунта в тело плотины Нурекской ГЭС; контурное взрывание; регулирование грансостава горной массы; строительство опытной плотины на р. Бурлыкия; механизация взрывных работ.

Он принимал участие в экспериментальных работах на строительстве Красноярской, Вилюйской, Зейской, Усть-Илимской, Саяно-Шушенской, Токтогульской, Курпсайской, Чиркейской, Днестровской, Чарвакской и многих других ГЭС, АЭС, ГРЭС.

С.А. Давыдов сумел создать богатый архив из технических отчетов, в которых нашли отражение самые разнообразные взрывные работы в практике энергетического строительства.

Им лично или в соавторстве написано более 100 статей, 17 отдельных изданий, более 15 инструкций и рекомендаций в области взрывного дела.

В 1998 г. вышла его автобиографическая книга «Записки старого взрывника».

С.А. Давыдов был многократным участником ВДНХ, награждался медалями и грамотами ВДНХ, Минэнерго СССР, объединения «Союзгидроспецстрой». Им воспитано большое число специалистов-взрывников высокой квалификации.

По существу, Степан Александрович был самородком из гущи народа, не имея высшего образования превратившим себя в специалиста, для которого не было неразрешимых задач в практике взрывного дела.

Публикации: Взрывные работы на металлических рудниках / Коллектив авторов. — Металлургиздат, 1950; Давыдов С.А., Ручкин В.М. Короткозамедленное взрывание. — Промстройиздат, 1956; Давыдов С.А., Рубцов В.К. — Многорядное взрывание. — Недра, 1965; Технические правила ведения взрывных работ в энергетическом строительстве / Коллектив авторов. —

Энергия, 1967; Багдасаров А.Г., Давыдов С.А., Страусман Р.Я. Взрывные работы в гидротехническом строительстве. — Энергия, 1969; Технические правила ведения взрывных работ в энергетическом строительстве / Коллектив авторов — Второе издание. — Энергия, 1972; Проектирование взрывных работ / Коллектив авторов. — Недра, 1974; Безопасность взрывных работ в промышленности / Коллектив авторов. — Недра, 1977; Техника безопасности при ведении взрывных работ в энергетическом строительстве / Коллектив авторов. — Недра, 1980; Проектирование взрывных работ в промышленности / Коллектив авторов. — Второе издание. — Недра, 1983; Технические правила ведения взрывных работ в энергетическом строительстве / Коллектив авторов. — Третье издание. — АО «Гидропроект», 1997.



ДЕМИДЮК Григорий Прокопьевич (28.01.1895—1985). Родился в г. Москве, свою трудовую деятельность начал в 1911 г., совмещая ее с занятиями в среднем, а затем высшем учебных заведениях.

Со скамьи Высшего технического училища (ныне МВТУ им. Н.Э. Баумана) он в 1915 г. был призван в армию, сражался на фронтах первой мировой войны. Великую Октябрьскую социалистическую революцию Г.П. Демидюк встретил членом солдатского комитета батальона, участвовал в гражданской войне.

Его инженерная деятельность началась в 1920 г. с инспекции складов взрывчатых веществ Главного управления РККА. С 1933 г. Г.П. Демидюк работал в должности главного инженера треста «Союзвзрывпром».

Большую работу Г.П. Демидюк вел по внедрению аммонитов, более экономичных и менее опасных, чем динамиты, за что в 1936 г. приказом наркома тяжелой промышленности СССР Г.К. Орджоникидзе ему была объявлена благодарность. Одним из первых Г.П. Демидюк применил в горном производстве камерные и скважинные заряды, а также методы взрывания на выброс и на сброс. Григорий Прокопьевич руководил

проектированием и организацией крупнейших для того времени взрывов на выброс на Бархатном перевале, при вскрытии Коркинского угольного разреза, Храмцовской залежи угля в Черемхово. Много сил и труда вложил Г.П. Демидюк в создание и укрепление краевых и районных производственных управлений «Союзвзрывпрома», в подготовку кадров для них, в развитие взрывных работ в различных отраслях народного хозяйства СССР.

Дальнейшая деятельность Г.П. Демидюка связана с научно-исследовательскими работами, которыми он начал заниматься еще в тридцатые годы. Они были направлены на изыскание оптимальных параметров массовых взрывов и создание инженерных методов их расчета и проектирования. В 1938 г. Г.П. Демидюку была присуждена ученая степень кандидата технических наук.

Свои научные исследования Г.П. Демидюк посвятил вопросам изыскания и разработки экономичных и безопасных в обращении промышленных взрывчатых веществ на основе гранулированной аммиачной селитры — игданитов и ифзанитов; интенсификации дробления горных пород взрывом и повышению коэффициента использования взрыва за счет управления длительностью импульса взрыва, геометрических параметров расположения зарядов ВВ и последовательностью их взрывания в пространстве и времени.

Большое практическое значение имели исследования Г.П. Демидюка, в результате которых было выявлено первенствующее влияние запаса энергии заряда ВВ на объем и степень дробления, а предложенный им энергетический принцип работы взрыва в качестве критерия для проектирования и расчета параметров расположения зарядов обеспечил возможность получения заданной степени дробления и находит все более широкое признание и применение.

В 1964 г. Г.П. Демидюку была присуждена ученая степень доктора технических наук.

Григорий Прокопьевич много сил и энергии отдал педагогической деятельности. Он организовал курсовую сеть под-

готовки взрывников, был соавтором учебных пособий для курсовой сети, читал курс лекций по взрывным работам в Московском горно-взрывном техникуме, а с 1933 г. — в Московском горном институте. В 1937 г. Г.П. Демидюк опубликовал один из первых в СССР учебник «Взрывные работы». До последних лет жизни он успешно вел подготовку молодых научных кадров, свыше тридцати его аспирантов защитили кандидатские диссертации.

Г.П. Демидюк организовал периодический выпуск научно-технических сборников «Взрывное дело». Развитию инженерных методов взрывной отбойки горных пород способствовали всесоюзные научно-технические совещания и конференции по буровзрывным работам, неизменным организатором и активным участником которых долгие годы был Г.П. Демидюк. Его идеи нашли последователей не только в нашей стране, но и за рубежом.

Им опубликовано более 200 научных работ и получено 20 авторских свидетельств на изобретения.

Г.П. Демидюк был одним из первых в России, кто начал изучение языка международного общения «Эсперанто».

За свою научную и организаторскую деятельность Г.П. Демидюк награжден орденом «Знак Почета», тремя медалями, знаками «Шахтерская слава» I и II степеней. Его работы отмечены двумя золотыми медалями ВДНХ СССР, ему присвоено ученое звание профессора и почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР».

По обвинению в участии в работе Промпартии Г.П. Демидюк был репрессирован и провел в лагерях и ссылках почти 18 лет жизни. В 1956 г. он был полностью реабилитирован.

Основные труды:

1. Мельников Н.В., Демидюк Г.П. Технический прогресс в промышленном применении взрыва. — Известия АН СССР. Физика Земли, 1974.

2. Демидюк Г.П., Бугайский А.Н. Средства механизации и технология взрывных работ с применением гранулированных ВВ. —М.: Недра, 1975. — 308 с.



ДЕРЖАВЕЦ Аврам Семенович род. 13.1V. 1935 г. в с. Иваньки Маньковского р-на Черкасской обл. Окончил МХТИ им. Д.И. Менделеева, инженер-химик-технолог (1958), канд. техн. наук (1966), д-р техн. наук (1982), профессор (1992), действительный член РАЕН и МАНЭБ. Работал токарем на заводе. С 1958 г. — в Раменском отделении ВНИИгеофизики (затем — «ВНИПИвзрывгеофизика»). Прошел путь от мастера цеха до зам. директора института по научной работе. С 1992 г. — генеральный директор экспертного инженерно-технического центра «Взрывиспытания». Специалист в области теории и физики взрыва. Им проведены уникальные теоретические и экспериментальные исследования по оценке характеристик термостойких ВВ при температуре 250°С и выше и гидростатическом давлении 120—150 МПа. Занимался проблемами исследований, разработки и организации производства специальных видов взрывчатых материалов и зарядов для прострелочно-взрывных работ в скважинах и при сейсморазведке. Член двух диссертационных советов. Автор около 200 научных трудов и свыше 60 изобретений. Лауреат премии Совета Министров СССР (1985) за разработку комплекса термобаростойких взрывчатых материалов.

Публикации: Термостойкие взрывчатые материалы и их действие в глубоких скважинах. — М.: Недра, 1971; Справочник по прострелочно-взрывным работам в скважинах / Под ред. Н.Г. Григоряна. — М.: Недра, 1970, 1980, 1990; Состояние, перспективы и экспертная оценка оптимальных объемов возможного использования промышленных взрывчатых веществ в России: Записки Санкт-Петербургского горного института. — Т. 148. — СПб, 2001.

Литература о нем: «ВВ, пиротехника...». — 2002. — С. 764, 920.



ДОДУХ Владимир Гаврилович род. 23.VII.1938 г. в г. Дзержинске Горьковской обл. Окончил ЛТИ им. Ленсовета по специальности «ХТОСА» (1960), канд. техн. наук (1972), старш. научн. сотр. (1980). Работал в ГосНИИ «Кристалл»: инженер, мл. научн. сотр., руководитель группы (1960—1969), начальник лаборатории и отдела по созданию технологий получения штатных ВВ (1969—1994), директор по экономике и маркетингу (1994—1996). Возглавлял НПО «Контех» (1996—2000), был зам. ген. директора ФГУП «Роспромвзрыв». Является директором ЗАО «Институт взрыва». Установил химические закономерности нитролиза уротропина в процессах получения гексогена и октогена. Руководил работами по совершенствованию технологических процессов получения тротила, гексогена, октогена, тэна. Принимал активное участие в организации работ по разработке технологий получения продукции производственного назначения, субстанций медпрепаратов и освоению их производств на базе конверсируемых мощностей ВВ. Имеет 81 изобретение, 4 патента, 27 опубликованных статей. Лауреат Государственной премии СССР (1983) за создание и внедрение непрерывной безотходной технологии получения гексогена и освоение высокоэффективного комплекса его производства. Награжден двумя медалями, тремя медалями ВДНХ. Почетный ветеран института. Избирался депутатом Дзержинского горсовета.

Публикации: Додух В. Г. и др. Пути повышения безопасности перевозок ВМ железнодорожным транспортом // Взрывчатые материалы и пиротехника. — 1992. — № 10; Додух В. Г. и др. К вопросу применения мягких контейнеров для перевозки гранулотола // Взрывчатые материалы и пиротехника. — 1992. — № 10; Додух В. Г. и др. Конверсия производства гексогена: Доклад // Конференция по конверсии производств ВВ (г. Самара, ЦНО «Конверсия», 1993).

Литература о нем: «ВВ, пиротехника...». — 2002. —С. 66, 130, 920.



ДОКУЧАЕВ Михаил Моисеевич (26.06.1908—1971) родился в с. Лепяги Воронежской губ. Окончил Московский горный институт (1932), д-р техн. наук (1961), профессор (1967). Крупный ученый в области разрушения пород взрывом и организатор производства. С 1932 г. работал в Среднеазиатском управлении треста «Союзвзрывпром», а с 1947 по 1965 гг. — главным инженером треста. Обосновал метод производства направленных крупномасштабных взрывов на выброс и сброс при вскрытии месторождений полезных ископаемых и возведении профильных сооружений (плотин, дамб, насыпей и др.). Под его руководством и при личном участии были успешно проведены уникальные взрывы, основными из которых являются: строительство Алма-Атинской селезащитной плотины, вскрытие Алтын-Топканского месторождения полимеров и месторождений углей в Китае, возведение плотины на р. Терек, строительство каналов в Средней Азии и многие другие. Разработал методологию осуществления буровзрывных работ на карьерах и выполнения специальных взрывных работ в различных отраслях промышленности и строительства. Внес существенный вклад в совершенствование техники и технологии отбойки в различных условиях (в первую очередь, внедрение производительных станков вращательного и шарошечного бурения при добыче стройматериалов, применение короткозамедленного и замедленного многорядного взрывания, а также направленные взрывы с помощью камерных зарядов), разработку основ проектирования взрывов различного назначения. Автор более 150 печатных работ и изобретений.

Публикации: Справочник по буровзрывным работам в строительстве. — Госстройиздат, 1962; Взрыв на выброс. — Изд. АН СССР, 1963; Применение направленных взрывов в гидротехническом строительстве. — Госстройиздат, 1963; Взрывание наклонными скважинными зарядами на карьерах. — М.: Недра, 1971.



ДЯДЕЧКИН Николай Иванович родился 23 мая 1928 г. в г. Кривой Рог, Украина. Доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Государственного научно-исследовательского горно-рудного института. После окончания Криворожского горно-рудного института в 1954 г. работал на Рахмановском руднике в Кривбассе в должностях технического руководителя и заведующего шахтой, после 1960 г. — в науке. В 1961—1962 гг. впервые внедрил на подземных работах Кривбасса и Урала новый метод короткозамедленного взрывания при массовой отработке руды с применением пиротехнических замедлителей КЗДШ-58. В 1965—1968 гг. в шахтных условиях внедрил зерногранулиты (граммониты) 80/20Б, 79/21 и игданит.

На основе применения гранулированных ВВ и средств механизации заряжания Н.И. Дядечкин разработал и внедрил на подземных рудниках ряд оригинальных технологий очистной выемки с использованием взрывов.

Н.И. Дядечкин — член редакционной коллегии «Горного журнала», в течение 10 лет являлся референтом реферативного журнала «Горное дело» (Москва).

Разработал научные основы шахты будущего, базовые положения которой внедрены на подземных рудниках Криворожского бассейна.



ЕРОФЕЕВ Иван Евгеньевич (8.10.1934—2003) родился в г. Пермь Российской Федерации. В 1956 г. с отличием окончил Казахский горно-металлургический институт по специальности «горный инженер по разработке месторождений полезных ископаемых». С 1956 по 1975 гг. работал горным мастером, главным инженером и начальником рудника, возглавлял опытно-исследовательские работы в

рудниках Зыряновского свинцового и Лениногорского полиметаллических комбинатов. С 1975 по 1983 гг. — заместитель начальника Управления науки и новой техники Минцветмета Казахской ССР, а в 1983—1988 гг. — проректор по научной работе Казахского политехнического института и исполняющий обязанности главного ученого секретаря Президиума Академии наук Казахской ССР. С 1988 по 1993 гг. — профессор кафедры разрушения горных пород и шахтного строительства и заведующий отраслевой лабораторией комплексной механизации взрывных работ. С 1993 г. — генеральный директор Казахского государственного научно-производственного центра взрывных работ (КГЦВР).

В 2002 г. КГЦВР постановлением Правительства РК введен в состав Национального ядерного центра Республики Казахстан.

Кандидатскую (1963) и докторскую (1982) диссертации И.Е. Ерофеев защитил без отрыва от производства; в ученом звании профессора ВАК СССР утвержден в 1985 г. И.Е. Ерофеев — академик Международной академии информатизации (2001).

Являлся ведущим специалистом в области разработки рудных месторождений, разрушения горных пород взрывом, технологии бурения шпуров и скважин, комплексной механизации взрывных работ, технологии изготовления и применения промышленных взрывчатых веществ на местах, проектирования и организации проведения специальных массовых взрывов.

Им опубликовано более 250 научных работ, включая 26 монографий, всесоюзных справочников и книг; получено 82 авторских свидетельства на изобретения и патенты. Он подготовил 5 кандидатов технических наук.

И.Е. Ерофеев являлся одним из ведущих ученых Казахстана, разработавших концепции и Государственные программы обеспечения взрывчатыми материалами горно-добывающих предприятий в 1993—2005 гг., которые успешно выполняются.

Объемы применения новых взрывчатых веществ и технологий их изготовления на горно-добывающих предприятиях, разработанных по патентам и проектам И.Е. Ерофеева, составляют около 50 % от общего потребления ВВ в Казахстане.

Под его научно-техническим руководством разработаны и практически реализованы по Международным программам про-

екты трех калибровочных взрывов «Омега» с массой ВВ по 100 т; по закрытию (ликвидации) штолен, испытательных скважин и специальных технологических объектов (СТО) на бывшем Семипалатинском ядерном полигоне; впервые в мировой практике проведены массовые взрывы зарядов промышленных взрывчатых веществ по 25 тонн в скважинах большого диаметра под водой на глубинах 630—650 м при гидростатическом давлении до 7,0 МПа.

В 1986—1999 гг. был членом Комитета по Государственным премиям Республики Казахстан в области науки, техники и образования и членом президиума Высшего аттестационного комитета (ВАК) Республики Казахстан по горным специальностям.

Награжден орденом «Знак Почета» и семью медалями, удостоен золотой и серебряной медалей ВДНХ СССР и многих знаков отличия, в том числе «Шахтерская слава», «Изобретатель СССР» и др. В 1984 г. ему присвоено почетное звание «Заслуженный горняк Казахской ССР», а в 1992 г. он удостоен премии Кабинета министров Республики Казахстан в области науки и техники.

Публикации: Справочник по горнорудному делу. — М.: Недра, 1983 (колл. авторов); Ерофеев И.Е. Повышение эффективности буровзрывных работ на рудниках. — М.: Недра, 1977.



ЕФРЕМОВ Эрнест Иванович родился 14 ноября 1934 г. в г. Донецке. Окончил Днепропетровский ордена Трудового Красного Знамени горный институт им. Артема в 1957 г. по специальности «Разработка месторождений полезных ископаемых», доктор технических наук (1974 г.), профессор (1976 г.). Член-корреспондент Академии наук Украины (ныне Национальная Академия наук Украины) — 1985 г. Академик Академии горных наук Украины (1993 г.).

С 1957 по 1958 гг. — горный мастер, помощник начальника участка шахты 1—2 «Колпаковская», трест «Боковантрацит». С 1962 г. — старший инженер, ведущий инженер, ст. научный со-

трудник отдела механики взрыва горных пород Института геотехнической механики Академии наук Украины, ученый секретарь Института, с 1975 г. — зам. директора Института геотехнической механики Национальной Академии наук Украины по научной работе, с 1974 г. по настоящее время — заведующий отделом механики взрыва горных пород этого института.

Профессиональная деятельность посвящена:

- исследованиям основных параметров взрывного импульса, механизма разрушения трещиноватых блочных сред, роли волн напряжений и газообразных продуктов взрыва в разрушении твердых сред;
- созданию и внедрению ресурсосберегающих, экологически надежных и управляемых взрывных технологий отбойки горных пород;
- разработке, созданию, исследованию рациональных режимов детонации взрывчатых веществ и их внедрению на карьерах Украины.

Создал научную школу механиков-взрывников. Подготовил одного доктора технических наук и 25 кандидатов технических наук.

Председатель Научного совета Президиума Национальной Академии наук Украины по проблеме «Механики и технологии взрыва и его использования в народном хозяйстве».

Зам. председателя, член бюро Межведомственного совета по взрывному делу Государственного Комитета по надзору за охраной труда Украины.

Вице-президент Украинского союза инженеров-взрывников.

Заместитель главного редактора журнала «Металлургическая и горнорудная промышленность».

Член горной секции Комитета по Государственным премиям Украины в области науки и техники.

С 1976 г. и по настоящее время — профессор кафедры открытых горных работ Национального горного университета (Днепропетровск).

Заслуженный деятель науки и техники Украины — 1993 г. Постоянный почетный член Ассоциации научного общества строительной промышленности Венгерской республики — 1989 г. Почетный профессор Национального горного университета —

1999 г. Дважды лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники — 1983 и 1997 гг. Лауреат премии Академии наук Украины им. А.Н. Динника — 1989 г. Награжден знаком «Шахтерская слава» трех степеней.



ЖУЧЕНКО Евгений Иванович. Родился 28 сентября 1947 г. в пос. Мурмаши Кольского р-на Мурманской обл. В 1974 г. закончил Киевский инженерно-строительный институт.

В 1985 г. защитил кандидатскую, в 1990 г. — докторскую диссертации. С 2003 г. профессор Московского государственного горного университета.

После окончания института работал на горных предприятиях «Северовостокзолото», старшим научным сотрудником Всесоюзного научно-исследовательского института золота и редких металлов (ВНИИ-1, г. Магадан), где возглавил работу по созданию новых технологий буровзрывных работ с использованием бестротиловых ВВ (1973 — 1985 гг.), заведующим лабораторией ИГД им. А.А. Скочинского в г. Нерюнгри (1985 — 1990 гг.), техническим директором, генеральным директором ЗАО «Нитро-Сибирь» (1990 г. — по настоящее время).

Основные исследования Е.И. Жученко в период работы в ИГД им. А.А. Скочинского были направлены на создание новых смесевых ВВ, не содержащих взрывчатых компонентов, а также эффективных технологий производства и применения этих ВВ на горных предприятиях. В этот период началось крупномасштабное внедрение разработанных им углесодержащих ВВ типа гранулит УП на основе комплексной механизации приготовления ВВ и заряжания скважин на разрезах ОАО «Якутуголь», ОАО «Кузбассразрезуголь», ОАО «Южный Кузбасс». В ЗАО «Нитро-Сибирь» по инициативе и под руководством Е.И. Жученко были разработаны новые композиции эмульсионных ВВ типа «сибирит» и создано для их изготовления и заряжания скважин специализированное оборудование в модульном исполнении. За короткое время были построены и пущены в экс-

плуатацию безопасные установки в Южной Якутии, Центральном и Южном Кузбассе, а также в Карелии суммарной производственной мощностью более 140 тыс. тонн в год эмульсионных ВВ типа «сибирит».

Е.И. Жученко опубликовал более 50 научных работ (включая 4 брошюры) и получил более 20 изобретений и патентов.

Награжден знаком «Шахтерская слава» 2-й и 3-й степени.

Основные опубликованные работы:

1. Е.И. Жученко. Гранулированные взрывчатые смеси и их применение. — М., изд. Минтопэнергетики РФ-РАН-ННЦ ГП — ИГД им. А.А. Скочинского, 2002.

2. Е.И. Жученко, В.Б. Иоффе. Технология производства и применения эмульсионных взрывчатых веществ, предназначенных для механизированного заряжания скважин на открытых работах. — М., Изд. Минтопэнергетики РФ-РАН-ННЦ ГП — ИГД им. А.А. Скочинского, 2002.



ЗАКАЛИНСКИЙ Владимир Матвеевич — доктор технических наук, действительный член Академии горных наук, дважды лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

Родился 10 декабря 1937г. в с. Ермолино, Боровского р-на, Калужской обл. В 1960 г. окончил Московский горный институт, в 1987 г. — МВТУ им. Н.Э. Баумана. С 1961 по 1969 гг. — младший научный сотрудник ИГД им. А.А. Скочинского, с 1969 по 1977 гг. — старший научный сотрудник СФТГП ИФЗ АН СССР, с 1977 г. — ведущий научный сотрудник ИПКОН РАН. В 1968 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Исследование способа отбойки пучками параллельно сближенных скважин при подземной разработке мощных рудных месторождений», а в 1999 г. — докторскую на тему «Научные основы управления действием взрыва параллельно сближенных зарядов при подземной добыче руд». Результатом этих целенаправленных многолетних

исследований автора явилось появление нового способа взрывного разрушения горных пород пучковыми зарядами и, как следствие этого — формирование новых подходов в решении давно назревшей проблемы качественного скачка в области буровзрывных работ на подземных горных работах. Дело в том, что прогресс в области буровзрывных работ идет по пути простого совершенствования приемов, методов, оборудования, взрывчатых материалов и схем взрывания, что в принципе верно, но в новых горно-геологических, горнотехнических и экономических условиях недостаточно. Потребовалась разработка гибких и универсальных способов управления распределением энергии взрыва, олицетворяющих собой прорыв в данной области горного дела. Решением этих вопросов занимался В.М. Закалинский, создавший научные основы управления действием взрыва сближенных зарядов при комплексном освоении недр. За теоретический вклад в разработку широко известного на подземных рудниках метода отбойки пучками параллельно-сближенных скважинных зарядов он, как один из основоположников, в 1995 г. был удостоен премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники. Следствием развития новых подходов в теории и практике БВР на подземных рудниках явились: появление крупномасштабной технологии добычи полезных ископаемых на подземных рудниках с применением мощных концентрированных зарядов большой массы и значительным сокращением числа массовых взрывов на горных предприятиях. Являясь одним из авторов новой концепции совершенствования буровзрывных работ на подземных рудниках на базе крупномасштабной отбойки разными способами, он в 2004 году вторично удостоен звания «Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники». Им разработаны способы формирования волн напряжений разной формы и интенсивности в заданных геотехнологиями направлениях при взрыве одного пучкового заряда путем варьирования его геометрическими и физическими параметрами. Способностью такого заряда при взрыве управлять направленностью энергией его ВВ достигается эффект воссоздания или

образования заряда и волны некруговой, практически любой по необходимости формы, что само по себе знаменует новое явление в истории горной практики. Им выполнена разработка методологии расчета технологических параметров пучковых скважинных зарядов, формул и зависимостей, в основу которых положено развитие принципа масштабного эффекта на базе анализа известной формулы $Q = qV$ с получением одинаковой степени дробления при любых объемах крупномасштабного взрывания.

В последние годы В.М. Закалинский, используя положительный опыт подземных взрывных работ, занимается научными изысканиями в области достижения научно-технического прорыва на открытых горных работах с учетом их специфики.

Он член постоянно действующего Оргкомитета по проведению Международных конференций по физическим проблемам разрушения горных пород, являясь научным редактором их трудов, член диссертационного совета по защите докторских диссертаций ИПКОН РАН, автор более 140 печатных научных работ, в том числе нескольких монографий, 12 изобретений и патентов.

Публикации: Будько А.В., Закалинский В.М. К теории действия взрыва пучков сближенных зарядов. — ФТПРП, 1965; Будько А.В., Галченко Ю.П., Рубцов С.К., Блинов А.А. Совершенствование скважинной отбойки — М.: Недра, 1981; Викторов С.Д., Галченко Ю.П., Закалинский В.М., Рубцов С.К. Разрушение горных пород сближенными зарядами / Под ред. К.Н. Трубецкого. — М.: Научтехлитиздат, 2006; Трубецкой К.Н., Викторов С.Д., Закалинский В.М. Новая концепция совершенствования буровзрывных работ на подземных рудниках // Горный журнал. — 2002; Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Закалинский В.М. О новом направлении в развитии буровзрывного комплекса на открытых горных работах // Сб.: Перспективы освоения недр — комплексное освоение актуальных проблем. — Научн. чтения им. акад. Н.В.Мельникова. — М.: ИПКОН РАН, 2002.



ИОФФЕ Валерий Борисович родился 12 апреля 1945 г. в Москве. В 1968 г. окончил Российский государственный химико-технологический университет (РХТУ) им. Д.И. Менделеева по специальности «Химия и технология органических соединений азота». С 1968 по 1990 гг. работал в Институте горного дела им. А.А. Скочинского, а с 1991 г. — в ЗАО «Нитро-Сибирь», г. Москва. Доктор технических наук.

Основное направление исследований и практической деятельности — эффективность и безопасность производства и применение промышленных водосодержащих, в частности, эмульсионных промышленных взрывчатых веществ, разработка технологии производства, оборудования и смесительно-зарядных машин.

На основе разработок в России построены несколько крупнейших в Европе заводов по производству эмульсионных ВВ типа «сибиритов».

Автор 100 научных работ и патентов.

Основные научные труды:

Обеспечение промышленной безопасности при производстве и применении эмульсионных взрывчатых веществ на горных предприятиях. — М.: Минтопэнергетики РФ — РАН, 2002 г.;

Технология производства и применения эмульсионных взрывчатых веществ, предназначенных для механизированного заряжания скважин на открытых работах. — М., Минтопэнергетики РФ — РАН, 2002 г.

Применение эмульсионных ВВ, сенсибилизированных методом газогенерации, в глубоких скважинах // Безопасность труда в промышленности. — 2002. — №11.

Производство и применение эмульсионных взрывчатых веществ «сибиритов» на горных предприятиях. — Новосибирск: Наука. Физические проблемы разрушения горных пород, 2003.

О критериях оценки относительной работоспособности промышленных взрывчатых веществ. — М.: Мир горной книги. — Взрывное дело. — 2007. — № 8.



КОМИР Виталий Михайлович родился 9 ноября 1936 г. в г. Черкассы Киевской области (Украина). Окончил Днепропетровский ордена Трудового Красного Знамени горный институт им. Артема по специальности «Строительство горных предприятий», старший научный сотрудник (1969 г.), доктор технических наук (1973 г.), профессор (1979 г.).

С 1959 по 1962 гг. — начальник горно-подготовительного участка шахты 12—12бис треста «Краснолучуголь» комбината «Донбассантрацит». С 1962 по 1973 гг. — инженер, старший инженер, ведущий инженер, младший научный сотрудник, старший научный сотрудник Института геотехнической механики АН УССР. С 1973 г. по настоящее время — профессор, заведующий кафедрой технической механики Кременчугского государственного политехнического института, г. Кременчуг (Украина).

Профессиональная деятельность посвящена следующим исследованиям: особенности детонации промышленных гранулированных ВВ; газодинамическе процессы при дроблении горных пород; использование конверсионных взрывчатых веществ при производстве промышленных взрывов на открытых разработках; причины отказов детонации при производстве массовых взрывов на карьерах; разработка рациональных конструкций зарядов с использованием конверсионных ВВ при отбойке горных пород.

Является одним из создателей научной школы «Механика взрыва и ресурсосберегающие экологически надежные технологии управляемого взрывного разрушения горных пород» в Институте геотехнической механики АН УССР (1967—1973 гг.). С 1974 г. по настоящее время продолжил работы в рамках этой школы на созданной им кафедре технической механики в Кременчугском государственном политехническом университете.

Председатель секции Научного совета Президиума НАН Украины по проблемам механики и технологии взрыва.

Лауреат премии имени А.Н. Динника АН УССР, 1989.



КОРЕНИСТОВ Александр Васильевич (1913 — 1998) — горный инженер, заслуженный строитель РСФСР, родился в Ленинградской области в семье служащего. Его трудовая деятельность началась в 17 лет (в 1930 г.), когда после окончания средней школы и курсов лаборантов он работал в Военно-химическом научно-исследовательском институте. В марте 1937 г. А.В. Коренистов поступил на работу в производственно-экспериментальное управление (ПЭУ) треста «Союзвзрывпром», где проработал до 1949 г., пройдя путь от техника-лаборанта до старшего инженера.

В начале войны А.В. Коренистов был направлен на Коунрадский рудник, где руководил производством взрывчатых веществ — динамитов. С 1944 по 1949 гг. совмещал работу в ПЭУ с учебой в Московском горном институте, который закончил с отличием, получив специальность инженера по разработке пластовых месторождений, и после окончания института был направлен в приморское управление треста «Союзвзрывпром» на должность главного инженера. С 1952 г. А.В. Коренистов в должности главного инженера проектов работал в «Союзэкскавации», «Взрывстройпроекте», институте «Проектгидромеханизация». За этот период под руководством и при его личном участии выполнялись проекты взрывных работ при строительстве на Коммунарском, Череповецком, Макеевском, Криворожском металлургических заводах, Надвоицком алюминиевом заводе и других стройках страны.

В 1960 г. А.В. Коренистов возглавил вновь открытый отдел буровзрывных работ института «Гидроспецпроект», где работал по 1989 г., в том числе длительное время занимал должность заместителя главного инженера, возглавлял горное и взрывное направления института.

В эти годы полностью развернулся его талант специалиста по проектированию взрывных работ, руководителя и воспитателя инженеров-проектировщиков БВР. Отличительными чертами Александра Васильевича были глубокое знание практики взрыв-

ного дела, взвешенность технических решений при проектировании, особое внимание к вопросам техники безопасности.

В период работы в «Гидроспецпроекте» А.В. Коренистов принимал участие в проектировании и производстве буровзрывных работ на крупнейших стройках страны: Братской, Красноярской, Зейской, Нурекской, Токтогульской и других ГЭС, Кольской АЭС, Зуевской и Рязанской ГРЭС и ряда других станций, каналов, гидроузлов.

А.В. Коренистов более 30 лет был членом Бюро буровзрывной секции НТО Горное, членом Междуведомственной комиссии по взрывному делу, членом Научного совета по народнохозяйственному использованию взрыва при АН СССР. Им опубликовано более 50 печатных работ, в том числе в составе коллектива авторов второго (1972 г.) и третьего (1997 г.) изданий «Технических правил ведения взрывных работ в энергетическом строительстве» и первого издания монографии «Проектирование взрывных работ» (1974 г.). Он являлся редактором нескольких сборников «Взрывное дело», имеет ряд изобретений.

А.В. Коренистов награжден медалями «За доблестный труд в Великой отечественной войне», «За трудовую доблесть», «За доблестный труд». За заслуги в области энергетического строительства в 1975 г. ему было присвоено звание «Заслуженный строитель РСФСР».



КРЫСИН Родэрик Симонович (8.07.1936—2007) родился в г. Донецке. В 1959 году закончил с отличием Днепропетровский горный институт по специальности «Разработка месторождений полезных ископаемых». Свою трудовую деятельность начал в Донбассе на шахте 5-бис «Трудовская», занимая должности начальника добычного участка и заместителя главного инженера шахты.

В 1961 г. поступил в аспирантуру Днепропетровского горного института (ДГИ) на кафедру открытых горных работ и в 1964 г. защитил кандидатскую диссертацию. Р.С. Крысин был в

числе первых исследователей Украины, которые обосновали необходимость учета трещиноватости массива при проектировании буровзрывных работ.

В 1965 г. в связи с открытием в г. Александрии общетехнического факультета ДГИ Р.С. Крысин направлен туда на работу деканом факультета и проработал в этой должности 22 года. Под его руководством на факультете была создана современная материальная база, сформирован квалифицированный штат преподавателей. За этот период Р.С. Крысиным были выполнены научные исследования в области разрушения горных пород взрывом, создания технологий проведения протяженных выработок взрывом на выброс и систем их автоматизированного проектирования. По результатам этих исследований Р.С. Крысин в 1986 г. защитил в Московском горном институте докторскую диссертацию.

В 1987 г. Р. С. Крысин переходит на работу в базовый институт на должность профессора кафедры открытых горных работ, работает в области создания новых взрывчатых веществ и технологий их приготовления на местах ведения взрывных работ. Проф. Р.С. Крысин является пионером в разработке на Украине эмульсионных ВВ. По его инициативе и непосредственном участии была принята «Государственная программа создания в Украине экологически чистых эмульсионных взрывчатых веществ на основе республиканских промышленных баз». В результате выполнения научно-исследовательских программ на Украине было создано эмульсионное взрывчатое вещество марки «украинит». Проф. Р.С. Крысин лично участвовал в разработке его рецептуры, проведении всех стадий испытаний, создании нормативной базы на это ВВ, технологических регламентов его изготовления. Это позволило институтам «Кривбасспроект» и «УкрГИ-АП» создать проекты заводов по изготовлению матрицы украинита — эмульсионной композиции (эмулькома). Заводы были построены на Ингулецком горно-обогатительном комбинате в г. Кривом Роге производительностью 25 тыс. т/год и на химическом предприятии «Экоантилед» в г. Днепродзержинске производительностью 15 тыс. т/год. При участии Р. С. Крысина в г. Запорожье на предприятии «Запорожвзрывпром»

был реконструирован пункт приготовления окислителя для акватола ГЛТ-20 под выпуск украинита производительностью 15 тыс. т/год. Деятельность Р. С. Крысина способствовала созданию на Украине современной материальной базы производства ВВ общей производительностью 55 тыс. т/год и переводу ГОКов Кривбасса на новое мощное, экологически чистое и эффективное ЭВВ украинит.

Кроме того, Р. С. Крысин является одним из создателей новых гранулированных безтротиловых взрывчатых веществ гранулит-НМ и гранулит-НМПМ.

Объем применения разработанных проф. Р.С. Крысиным новых взрывчатых веществ в 2004 г. составил 20 %, а на таких предприятиях, как Ингулецкий ГОК, и ряде рудных шахт достиг 45 %.

Он является автором 180 научных трудов.

За успешную научно-педагогическую работу и высокий профессионализм Кабинет Министров Украины наградил Р.С. Крысина почетной грамотой, а также юбилейной медалью «За доблестный труд».

Публикации: Совершенствование технологии разработки гранитных карьеров. — Киев: Техника, 1966; Строительство каналов взрывом на выброс. — Киев: Будівельник, 1984; Современные взрывчатые вещества местного приготовления. — Наука и образование, 1998.



КУКИБ Борис Николаевич родился 16 мая 1938 г. в г. Елец Липецкой области.

В 1960 году окончил Московский химико-технологический институт им. Д.И. Менделеева по специальности «Химия и технология органических соединений азота». С 1963 по 1983 гг. работал в Институте горного дела им. А.А. Скочинского, с 1983 по 1987 гг. — в Межотраслевой лаборатории проблем взрывного дела Госгортехнадзора СССР, с 1987 по 1990 гг. — в Отделении института химической физики АН СССР, с 1990 г. работает в ЗАО «Нитро-

Сибирь» и с 2002 г. (по совместительству) — в Московском государственном горном университете, кандидат технических наук.

Основные направления исследований: разработка высокопредохранительных ВВ, исследование детонационной способности и работоспособности промышленных ВВ.

Развиты представления о механизме воспламенения метановоздушной смеси детонирующим открытым зарядом, созданы научные основы разработки высокопредохранительных ВВ. Установлен общий вид зависимости скорости детонации ВВ от диаметра заряда. Б.Н. Кукиб является одним из непосредственных разработчиков рецептур и технологии изготовления эмульсионных ВВ типа «сибириты». Автор более 140 научных работ и 11 изобретений.

Основные публикации:

Высокопредохранительные взрывчатые вещества. — М.: Недра, 1980; Детонационная способность современных промышленных взрывчатых веществ / В кн.: Физические проблемы разрушения горных пород. — ИПКОН РАН, 2005; О факторах, определяющих эффективность применения промышленных взрывчатых веществ / В кн.: Физические проблемы разрушения горных пород. — ИПКОН РАН, 2005.



КУТУЗОВ Борис Николаевич — профессор, родился 18.01.1931 г. в г. Армавире Краснодарского края, поступил в 1949 г. в Московский горный институт на специальность «Строительство горных предприятий», который с отличием окончил в 1954 г. с присвоением квалификации горного инженера-шахтостроителя, рекомендован Ученым советом МГИ в аспирантуру на кафедру буровзрывных работ, которую возглавлял проф. Афанасий Филимонович Суханов. В 1958 г. защитил кандидатскую диссертацию и был оставлен работать на этой же кафедре ассистентом, старшим научным сотрудником, доцентом, а затем на кафедрах «Разработка рудных месторождений» и «Физика горных пород».

В 1967 г. Б.Н. Кутузов защитил докторскую диссертацию, а в 1969 г. ему присвоено ученое звание профессора.

В 1971 г. Б.Н. Кутузов избирается заведующим вновь образованной по его инициативе кафедрой «Разрушение горных пород взрывом», которой бессменно руководил 26 лет до 1997 г., а затем стал советником и профессором кафедры. Б.Н. Кутузов является ведущим ученым в области применения энергии взрыва в народном хозяйстве. Им впервые сформулированы физико-технические основы взрывного разрушения трещиноватых массивов горных пород с введением новых понятий зон регулируемого, малорегулируемого и нерегулируемого дробления.

Предложенные Б.Н. Кутузовым совместно с учениками оригинальные схемы врубов и зарядов контурных шпуров при проведении горных выработок, схемы короткозамедленного взрывания при массовых взрывах, новые схемы формирования скважинных зарядов защищены авторскими свидетельствами, патентами и позволяют значительно улучшить дробление горной массы, снизить разрушительное воздействие взрывов на законтурный массив и сейсмическое воздействие на окружающие объекты.

Большая работа выполнена Б.Н. Кутузовым по улучшению ассортимента промышленных ВВ и средств их инициирования. Важная работа выполнялась при участии Б.Н. Кутузова по подготовке проекта Федеральной программы Госгортехнадзора России «Повышение безопасности и эффективности применения взрывчатых материалов промышленного назначения».

Б.Н. Кутузов является одним из создателей нового физико-технического научного направления по обоснованию и широкому промышленному внедрению шарошечного бурения взрывных скважин на карьерах, что позволило увеличить производительность станков в 5—10 раз и более чем на 80 % объемов буровых работ на карьерах выполнять этим способом.

На базе указанных работ Б.Н. Кутузовым создана научная школа по созданию новых и совершенствованию существующих схем и способов разрушения скальных пород при бурении и взрывании в горном деле.

Под его руководством подготовлено и защищено 7 докторских и 66 кандидатских диссертаций, авторы которых развивают начатые у Б.Н. Кутузова исследования.

Б.Н. Кутузов — автор более 250 научных работ, в том числе 15 учебников для вузов и техникумов и 12 монографий. Учебники Б.Н. Кутузова являются наиболее известными в вузах и техникумах России, странах СНГ, а монографии широко используются на горных предприятиях. Книги «Проектирование взрывов» и «Безопасность взрывных работ в промышленности» переведены на китайский язык. Много лет Б.Н. Кутузов активно работал в Учебно-методическом совете по высшему горному образованию.

По инициативе Б.Н. Кутузова с 1968 г. в Московском горном институте открыта подготовка инженеров-взрывников, а в 1997 г. открыта новая горная специальность «Взрывное дело». Б.Н. Кутузов многие годы осуществлял научное руководство отделениями отраслевых научно-исследовательских лабораторий Минчермета, Минцветмета, Минпромстройматериалов СССР, научным Советом Главасбестцемента. По результатам научных исследований Б.Н. Кутузовым самостоятельно и совместно с сотрудниками получено более 120 авторских свидетельств и 12 патентов на изобретения, часть из которых внедрена в промышленность с большим экономическим эффектом.

Учитывая большие заслуги Б.Н. Кутузова в научной и учебной работе, значительный творческий вклад в развитие взрывного дела, он избран действительным членом Академии горных наук, Академии естественных наук Российской Федерации, Международной Академии информатизации.

За время работы в институте Б.Н. Кутузов избирался деканом физико-технического факультета, членом профкома и парткома института, работал заместителем председателя группы содействия строительству нового учебного корпуса, более 30 лет работал членом редколлегий «Известия вузов. Горный журнал», с 1960 г. до настоящего времени работает членом редколлегии «Горного журнала».

За плодотворную учебную и научную работу в 1991 г. Б.Н. Кутузову присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР», в 1996 г. за научные разработки ему совместно с авторским коллективом присуждена премия Правительства Российской Федерации.

Б. Н. Кутузов также награжден медалями «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина», «Ветеран труда», «В память 850-летия Москвы», почетными знаками «Шахтерская слава» всех трех степеней, «За отличные успехи в работе Минвуза СССР», серебряным знаком «Горняк России», почетным знаком РАЕАН им. В.Н. Татищева «За пользу отечеству», памятной медалью Международной Академии информатизации «За заслуги в деле возрождения науки и экономики России», «Ударник пятилетки», «Победитель соцсоревнования», почетными грамотами Минчермета и Минцветмета СССР, дипломами Госкомобразования СССР.



ЛОМОНОСОВ Геральд Георгиевич, род. 28.04.1932 г. В 1956 г. окончил Московский горный институт по специальности «Разработка месторождений полезных ископаемых», специализации «Подземная разработка рудных месторождений». По 1962 г. работал в рудниках Норильского горно-металлургического комбината в должностях: бригадир бригады буровиков, горный мастер, начальник участка, начальник цеха, руководитель буровзрывных работ. Под его техническим руководством и при непосредственном участии проектировались и практически осуществлялись крупнейшие для карьеров 1950—1960-х годов каскадные массовые взрывы с суммарной массой зарядов ВВ до нескольких сотен тонн, а также проекты буровзрывных работ при совместной открыто-подземной разработке шахтных и карьерных полей. Взрывы при совместной разработке выполнялись в рудниках и карьерах: 3/6 («Таймырский») и «Медвежий ручей», 7/9 («Заполярный») и «Угольный ручей», в карьерах «Южный» и «Северный».

Г.Г. Ломоносов был активным участником производственных испытаний в суровых климатических условиях новых только зарождавшихся тогда средств бурения (погружных перфораторов, шарошечных бурстанков), взрывчатых веществ (аммонита 6ЖВ, детонита, скального аммонита №1, граммонитов, плавленого и

чешуированного тротила, простейших, в том числе водосодержащих, ВВ), первых образцов средств короткозамедленного взрывания (электродетонаторов ЭДКЗ, детонационных реле КЗДШ и др.). Испытывались новые конструкции зарядов ВВ, в том числе с воздушными промежутками, рассредоточенных с внутрискважинными замедлениями, кумулятивных и гидровзрывных. Для норильских рудников была разработана технология гидровзрывного разрушения негабаритов, позволившая сократить зону разлёта рудо-породных кусков с 200 до 50 м, на что было дано официальное разрешение Госгортехнадзора СССР. В производственных условиях норильских рудников выявлялись новые технологические возможности при инициировании зарядов ВВ с миллисекундными замедлениями; создавались первые вошедшие затем в учебную и горно-техническую литературу и в практику рудников. Именно с применением средств КЗВ появилось понятие «схема взрывания», поскольку при мгновенном инициировании зарядов ВВ практически не было иных вариантов схемы взрывания. При применении средств КЗВ существенно расширились возможности для управления действием взрыва в части сейсмического действия взрывов, дробления горных пород, расположения и параметров развала разрушенной горной массы, селективной отбойки, разлёта кусков и др.

При выполнении всех этих работ Г.Г. Ломоносовым были организованы систематические наблюдения и анализ результатов взрывов, что позволило поставить обоснование параметров новых технологий буровзрывных работ на научную основу. Результаты этих исследований публиковались в «Горном журнале» (1958 г., №10; 1961 г., № 1; 1963 г., № 4) и в других журналах и изданиях («Цветная металлургия», «Магадан», «Цветметинформация», «Недра» и др.), сделав тем самым опыт работы норильских рудников широко известным среди специалистов горного дела.

С 1964 г. Г.Г. Ломоносов — на научно-педагогической работе в Московском горном институте (ныне Московский государственный горный университет), где продолжает исследования в области технологии взрывного разрушения горных пород на открытых и подземных горных работах. Им разработаны тео-

рии и инженерные аспекты взрывоселекции и гидровзрывания, вошедшие в учебную и горно-техническую литературу. Свои знания, в том числе в области буровзрывного разрушения горных пород, он передаёт будущим специалистам горного профиля. Кроме непосредственного участия в обучении сотен горных инженеров, Г.Г. Ломоносов подготовил 26 кандидатов и 5 докторов технических наук.

Опубликовано около 200 работ по различным аспектам горных наук и горного производства, в том числе 16 монографий.

Г.Г. Ломоносову в 1964 году присуждена учёная степень кандидата, а в 1972 году — доктора технических наук. Заслуженный деятель науки и техники РФ, действительный член Академии горных наук, Российской Инженерной академии и Российской Академии естественных наук.

Публикации: Теория и практика гидровзрывания. — М.: Цветметинформация, 1969; Технология разрушения горных пород на карьерах. — М.: МГИ, 1971; Формирование качества руды при открытой добыче. — М.: Недра, 1975; Управление качеством продукции горного предприятия. — М.: МГИ, ч. 1 — 1984., ч. 2 — 1985; Технологические схемы рудников. — М.: МГИ, 1988; Отбойка руды при подземной добыче. — М.: МГИ, 1988; Рудничная система управления качеством минерального сырья. — М.: МГГУ, 2005.



МАРТЫНЕНКО Владимир Петрович родился 14.05.1937 г. в пос. Сарановский рудник, Чусовского р-на Пермской обл. Окончил Криворожский горнорудный институт в 1960 г. по специальности горный инженер, доктор технических наук (1999 г.), профессор (1997 г.), академик Инженерной академии Украины (1992 г.), академик Украинской Экологической академии (1993 г.), академик Академии горных наук Украины (2001 г.).

С 1961 по 1973 гг. работал зам. начальника участка, начальником участка, зам. главного инженера, начальником шахты

«Саксаганская» рудоуправления им. Дзержинского (г. Кривой Рог). С 1973 г. — главный инженер рудоуправления им. Дзержинского. С 1974 по 1979 гг. — зам. начальника главного производственного управления горно-рудных предприятий Министерства черной металлургии УССР. С 1979 по 1983 гг. — зам. начальника, главный инженер республиканского промышленного объединения «Укрруда» Министерства черной металлургии УССР. С 1983 по 1998 гг. — генеральный директор Полтавского горно-обогатительного комбината, г. Комсомольск. С 1998 г. — председатель наблюдательного совета ООО «ОПП «Укргорвзрывпром». С 2001 г. — президент «Украинского союза инженеров-взрывников».

Профессиональная деятельность В.П. Мартыненко связана с решением сложных проблем подземной и открытой технологии добычи железных руд, в том числе проблем вскрытия и разработки месторождений открытым способом с использованием циклично-поточной технологии. Важнейшее место в практической и научной деятельности В.П. Мартыненко занимают вопросы взрывного разрушения горных пород, создания высокоэффективных и безопасных взрывчатых веществ и технологий отбойки горных пород с использованием энергии взрыва.

По материалам исследований В.П. Мартыненко самостоятельно и в соавторстве опубликовано более 20 научных статей и 3 монографии. Он соавтор более 40 изобретений и двух открытий.

В 1990 г. избран Народным депутатом Украины.

Является главным редактором информационного бюллетеня «Украинский союз инженеров-взрывников». Член Международного союза инженеров-взрывников. Член Межведомственного совета по взрывному делу Госнадзорохрантруда Украины. Член горной секции Комитета по Государственным премиям Украины в области науки и техники. Заслуженный металлург (1993 г.), дважды лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники 1982 и 1999 гг. Награжден орденом «Знак Почета» (1971 г.), знаком «Шахтерская слава» трех степеней.



МАРЧЕНКО Лариса Николаевна (31.03.1904—1996) родилась в г. Харькове. В 1938 г. закончила Московский горный институт, получив квалификацию горного инженера.

После окончания института была направлена на работу инженером в Центральный государственный научно-исследовательский институт цветных металлов в Москве, а в 1940 г. перешла работать младшим научным сотрудником в ИГД АН СССР.

В 1947 г. Л.Н. Марченко защитила кандидатскую диссертацию, а в 1967 г. — докторскую.

Работала младшим научным сотрудником, старшим научным сотрудником, ученым секретарем Комиссии по взрывному делу ИГД АН СССР. С должности старшего научного сотрудника Л.Н. Марченко в 1976 г. ушла на пенсию.

Л.Н. Марченко — лауреат Государственной премии СССР, широко известный ученый и специалист в области взрывного дела. Основным направлением научной деятельности Л.Н. Марченко являлись исследования по совершенствованию разрушения горных пород взрывом. На протяжении многих лет последнего периода ее деятельности в ИГД им А.А. Скочинского велись исследования по созданию простейших ВВ (игданитов).

Обширные теоретические и экспериментальные работы были проведены Л.Н.Марченко совместно с Н.В. Мельниковым в направлении увеличения эффективности взрывных работ на основе повышения коэффициента полезного действия взрыва за счет рациональной конструкции заряда с использованием воздушных промежутков и полостей.

За время творческой деятельности Л.Н. Марченко опубликовала более 80 научных работ и получила 3 авторских свидетельства на изобретения. Наиболее важными опубликованными научными работами Л.Н. Марченко являются:

1. Марченко Л.Н. и др. Буровзрывные работы на угольных шахтах Донецкого бассейна. — М.: Углетехиздат, 1948.

2. Мельников Н.В., Марченко Л.Н. Энергия взрыва и конструкция заряда. — М.: Недра, 1964.

3. Марченко Л.Н. Увеличение эффективности взрыва при добывании полезных ископаемых. — М.: Наука, 1965.



МАЦЕЕВИЧ Бронислав Вячеславович родился 23.09.1936 г. в г.Уфе. Окончил Уфимский авиационный институт им. С. Орджоникидзе по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» — инженер-механик (1959), аспирантуру в ГНИИ машиноведения (г. Москва) по специальности «Динамика и прочность машин, приборов, аппаратуры» (1966) и Высшие курсы по подготовке руководящих кадров в области обороны и безопасности Российской Федерации при Академии Генерального штаба ВС РФ (1994), канд. техн. наук (1967), д-р техн. наук (1999), академик Международной Академии информатизации (2000), академик РАРАН (2000). В 1959—1962 гг. работал в г. Уфе на авиационном заводе: конструктор, ст. инженер, руководитель группы новой техники отдела главного технолога; в 1962—1963 гг. — в Московском авиационном институте: ассистент кафедры теоретической механики. С 1966 г. постоянно работает в КНИИМ: вед. конструктор, с.н.с, начальник конструкторского отдела, начальник научно-исследовательского отдела (1967—1977), зам. директора по научной работе (1977—1986), с 1986 г. — директор, с 1992 г. — ген. директор. Член коллегии Российского Агентства по боеприпасам и Межведомственного Совета по взрывному делу. Внедрил ряд новых прогрессивных техпроцессов. Разрабатывал механизированные линии для снаряжения осколочно-фугасных артиллерийских снарядов, высокопроизводительные комплексно-механизированные линии сборки реактивных снарядов «Град» и «Ураган», противотанковых мин «Пальма», руководил разработкой линий снаряжения гранат «Подвал» и «Погреб», совершенствованием технологии снаряжения артиллерийских снарядов повышенного могущества порционным прессованием, производств промышленных ВВ. Внес большой личный вклад в разработку технологии и оборудования для производства пластичных и эластичных ВВ и изделий на их основе, создание уни-

кальных производств ПВВ на заводах отрасли. Им даны теоретические обоснования режимов работы вибросмесителей для различных составов, проведены работы по защитным сооружениям, устойчивости, пожарозащите взрывоопасных производств. Был инициатором создания в КНИИМ вычислительного центра и его первым руководителем. Под его руководством разработаны Федеральная программа, ряд технологий и созданы комплексные производства утилизации боеприпасов. В порядке конверсии впервые разработаны технологии и созданы производства майонеза и шампуня на основе молочной сыворотки. Много внимания уделяет координации деятельности предприятий и организаций отрасли, профилирующих кафедр ряда вузов, активно участвует в организации и проведении отраслевых и международных научно-технических конференций. Соавтор 280 научных трудов, имеет 94 изобретения и патента. Лауреат Государственной премии СССР за создание производства пластичных ВВ (1987) и Государственной премии РФ за разработку ПТУР нового поколения (2002). Награжден орденом «Знак Почета», пятью медалями СССР и РФ, тремя медалями ВДНХ. Заслуженный машиностроитель Российской Федерации. Заслуженный деятель науки и техники Московской области. Почетный работник отрасли боеприпасов и спецхимии (2003).

Публикации: Мацеевич Б.В. и др. Промышленные ВВ на основе утилизированных боеприпасов. — М.: Недра, 1998; Мацеевич Б. В. и др. Отечественное взрывчатое вещество А-IX-2. — Красноармейск; РАРАН-КНИИМ, 2001.

Литература о нем: «ВВ, пиротехника...», 2002. — С. 304, 316, 926.



МЕЛЬНИКОВ Николай Васильевич (28.02.1909—7.12.1980) родился в г. Сарапул Удмуртской АССР. После окончания Свердловского горного института (1933) работал в горной промышленности (начальник рудника, главный инженер Высокогорского рудоуправления, главный инженер треста, начальник управления открытых работ Народного Комиссариата угольной промышленности СССР), затем

в Совете Министров СССР, вел преподавательскую и научно-исследовательскую работу, заместитель директора и директор ИГД им. А.А.Скочинского (1955 — 1964). Председатель Госкомитета по топливной промышленности СССР — министр СССР (1961 — 1965), член Президиума АН СССР (1966 — 1980), Председатель комиссии по изучению производительных сил и природных ресурсов АН СССР (1966 — 1977). Организатор и директор ИПКОН АН СССР (1967 — 1980), ректор Академии народного хозяйства СССР (1977 — 1980).

В 1947 г. защитил кандидатскую, в 1950 г. докторскую диссертации, с 1950 г. — профессор. Член-корр. АН СССР (1953), действительный член АН СССР (1962). Заслуженный деятель науки и техники (1960). Герой Социалистического труда (1979), депутат Верховного Совета СССР (1962 — 1966).

Одним из творческих увлечений Н.В. Мельникова было изучение процесса взрыва. Еще в молодые годы Н.В. Мельниковым была сформулирована идея о возможности повышения КПД взрыва путем изменения конструкции заряда. На основе исследований Н.В. Мельникова и его учеников создано принципиально новое направление в развитии теории и практики взрывного дела, сущность которого состоит в увеличении полезной работы взрыва за счет качественного изменения физического механизма передачи его энергии горному массиву. Практическую реализацию предложенный метод получил в разработке двух новых видов зарядов, принципиально различных по конструкции и механизму действия, но объединенных одной общей целью. При этом их применение позволяет значительно повысить качество взрывных работ при снижении удельного расхода ВВ.

Следует отметить, что такое «дерзкое» вмешательство в механизм взрыва и предлагаемый метод, абсолютно не вписывающийся в устоявшееся понятие о взрыве, вызвали в первые годы бурную отрицательную реакцию у практиков и исследователей. И здесь проявились лучшие черты Н.В. Мельникова — смелость, умение отстаивать свои убеждения, дав полное обоснование предлагаемого метода. Время поставило все на свои места, и в настоящее время это направление признано не только в нашей стране, но и за рубежом, где его отметили как «русский феномен».

Здесь важно отметить, что появившаяся возможность управления действием взрыва позволяет решить вопрос о достижении заданной кусковатости взорванной горной массы, что крайне необходимо для циклично-поточной технологии горных работ и доставки под действием взрыва вскрышных пород во внутренние отвалы при бестранспортной системе разработки полезных ископаемых.

Новый физический механизм действия взрыва зарядов с воздушными промежутками и полостями послужил основанием для разработки под руководством Н.В. Мельникова нового класса ВВ — игданитов и аналогов гранулированных ВВ.

Метод управления взрывом нашел широкое применение не только в горно-добывающей промышленности СССР, но и за рубежом.

Серьезные исследования в области взрывного дела проведены Н.В. Мельниковым совместно с Г.П. Демидюком. В результате этих исследований произошли значительные изменения в технике и технологии взрывных работ. Были получены новые безопасные и дешевые взрывчатые вещества — игданиты и ифзаниты.

Большая заслуга Н.В. Мельникова в области проведения массового направленного взрыва. В июле 1966 г. по решению президиума Академии наук СССР ему было поручено возглавить Комиссию по изучению возможностей проведения массового направленного взрыва в урочище Медео (под Алма-Атой).

Н.В. Мельников внес большой вклад в создание советской научной школы в области открытых горных работ, автор основополагающих трудов по горным наукам как единой системы знаний и общепринятой классификации систем открытой разработки месторождений полезных ископаемых.

В 1954—1956 гг. в ИГД АН СССР при участии ряда других институтов был впервые составлен план комплексных научных исследований, обеспечивающих разработку мер по увеличению добычи полезных ископаемых открытым способом в нашей стране. Проф. К.Н. Трубецкой в своем докладе на заседании Ученого совета ИПКОН АН СССР, посвященном памяти Н.В. Мельникова 28 февраля 1983 г., так оценил эту работу: «Опираясь на результаты комплексных исследований, уже в 1956 г. Николай Васильевич доказал, что в ближайшие 15—20 лет, т.е. в

1970—1975 гг., более 3/4 горного производства будет приходиться в нашей стране на открытый способ разработки месторождений... Теперь, спустя более 25 лет, эти прогнозы Н.В. Мельникова в целом подтвердились на практике».

Н.В. Мельников награжден многими орденами и медалями; лауреат Государственных премий СССР (1946, 1979) — за коренное усовершенствование открытых разработок угольных пластов; за разработку и внедрение прогрессивных технико-технологических решений по освоению в короткие сроки Талнахско-Октябрьского полиметаллического месторождения.

Лауреат премии Совета Министров СССР (1982) за использование и обоснование направлений освоения минерально-сырьевой базы.

Им опубликовано более 500 научных трудов.

Основные труды:

1. Теория и практика открытых разработок. — 2-е изд. — М.: 1979 (совм. с др.).

2. Мельников Н.В., Симкин Б.А., Марченко Л.Н., Демидюк Г.П. Новые средства бурения и взрывания на открытых горных разработках. — М.: Госгортехиздат, 1960. — 190 с.

Литература о нем:

Николай Васильевич Мельников. — 2-е изд. — М., 1979 (АН СССР, Материалы и библиографии ученых СССР. Сер. технич. наук. Горное дело, вып. 9).



МИНДЕЛИ Элизбар Онисимович (14 февраля 1908—1974). Родился в с. Сори Анисского р-на Грузии. В 1931 г. окончил Грузинский политехнический институт и получил квалификацию горного инженера.

С 1931 по 1954 гг. работал на руководящих инженерно-технических должностях по строительству Московского метрополитена и в МУП СССР заместителем министра угольной промышленности СССР и министра строительства топливных предприятий СССР.

В 1942—1951 гг. был одним из ведущих руководителей по восстановлению разрушенных во время войны шахт Подмосковного и Донецкого бассейнов.

Элизбар Онисимович Миндели — доктор техн. наук (1962 г.), профессор (1964 г.), заслуженный деятель науки и техники РСФСР (1970 г.), член-корр. Грузинской Академии наук, являлся крупным специалистом по строительству шахт, промышленных предприятий и метрополитена. Основными направлениями его деятельности являлись вопросы теории разрушения горных пород взрывом и проведения горных выработок. Исследования были связаны с решением ряда крупных задач в области физико-технических проблем горного дела и в том числе вопросов теории разрушения горных пород динамическими нагрузками.

Э.О. Миндели активно участвовал в научно-организационной и общественной жизни, являлся членом ученого совета ИГД им. А.А. Скочинского, Ученого совета СО АН СССР, экспертного совета ВАКа.

В 1954 г. перешел на научную работу в ВУГИ — ИГД им. А.А.Скочинского, где руководил лабораторией, отделом буровзрывных работ, а затем отделением комплексной механизации и физико-технических проблем проведения горных выработок.

Э.О. Миндели опубликовал более 100 научных работ и монографий, получил около 30 авторских свидетельств на изобретения.

Основные труды:

- Миндели Э.О. Восстановление разрушенных шахтных стволов. — М.: Углетехиздат, 1957.
- Миндели Э.О. Буровзрывные работы при подземной добыче полезных ископаемых. — М.: Недра, 1966. — 555 с.
- Миндели Э.О. Разрушение горных пород. — М.: Недра, 1974. — 593 с.



МОСИНЕЦ Владимир Николаевич родился 21 июня 1932 г. в с. Тузлы Николаевской области (Украина) в семье учителя средней школы.

Окончив с отличием в 1955 г. горный факультет Московского института цветных металлов и золота, В.Н. Мосинец был оставлен в аспирантуре, в 1958 г. защитил кандидатскую диссертацию и направлен на

работу в Академию наук Киргизии. При его непосредственном участии в Киргизии создан первый в Средней Азии Институт физики и механики горных пород, в котором он проработал до 1961 г.

В 1967 г. защитил докторскую диссертацию, в 1968 г. принят по конкурсу во Всероссийский проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт промышленной технологии (ВНИПИпромтехнологии), в котором занимал должности начальника лаборатории, отдела, в 1971 г. назначен на должность заместителя директора института по научной работе.

В.Н. Мосинец — крупный ученый и специалист в области технологии разработки месторождений цветных и редких металлов, физики и технологии взрывных работ и охраны окружающей среды при ведении горных и буровзрывных работ, профессор доктор технических наук, почетный член Российской Академии естественных наук, лауреат Государственной премии СССР и Премии Правительства РФ, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации.

Область научно-производственной деятельности проф. В.Н. Мосинца развивалась в следующих основных направлениях.

Первое — это создание научных основ управления энергией взрыва в народнохозяйственных целях. В.Н. Мосинец сформулировал закон критической энергоемкости дробления горных пород взрывом, позволяющий по-новому объяснить ряд явлений дробящего и метательного действия взрыва, что послужило основой создания ряда инженерных методов управления энергией взрыва.

Второе научное направление — выявление и обоснование основных закономерностей экранирования энергии волн напряжения путем создания специальных защитных экранов, предохраняющих промышленные и гражданские объекты, ценные кристаллы минерального сырья, а также повышающих коэффициент полезного использования энергии взрыва. На этой основе В.Н. Мосинцом разработаны инженерные методы управления сейсмическим действием взрыва.

Результаты научно-исследовательских работ В.Н. Мосинца по отмеченным направлениям изложены в ряде монографий: «Энергетические и корреляционные связи процесса разрушения горных пород взрывом» (изд-во «Наука», 1963); «Деформация горных по-

род взрывом» (изд-во «Наука», 1971); «Разрушение горных пород» (изд-во «Недра», учебник для вузов, 1974); «Справочник взрывника» (изд-во «Недра», 1988), а также множество статей и брошюр, опубликованных в России, СНГ и за рубежом.

Наряду с большой научной работой проф. В.Н.Мосинец активно участвует в подготовке научных кадров: им подготовлено двадцать семь кандидатов технических наук в различных областях горных наук, под его методическим руководством подготовлены шесть докторских диссертаций.

Проф. В.Н. Мосинец — автор более 350 научных трудов, в том числе 56 изобретений, 22 книг, 36 брошюр, часть из которых переиздана за рубежом.

На различных этапах своей научно-производственной деятельности В.Н. Мосинец является членом экспертного совета ВАК и Ученого совета Академии наук по народнохозяйственному использованию энергии взрыва, членом Научного совета по проблеме «Новые способы разрушения горных пород» ГКНТ, членом научно-технического и специализированного ученых советов ВНИПИпромтехнологии, отраслевого Министерства, редколлегии издательства «Недра» и ряда редколлегий отраслевых изданий.

Разносторонняя и плодотворная деятельность В.Н. Мосинца отмечена правительственными и отраслевыми наградами Министерства.

В настоящее время проф. В.Н. Мосинец продолжает активную научную деятельность, являясь научным консультантом в институте ВНИПИпромтехнологии, осуществляет научно-методическую помощь и консультации аспирантам и соискателям.



ПЕРЕГУДОВ Владимир Васильевич родился 17.01.1932 г. в с. Уткино Липецкой области. Окончил школу, поступил в Криворожский горно-рудный институт, который окончил в 1955 г., горный инженер. После окончания института работал на шахтах Кривбасса горным мастером, заместителем начальника и начальником участка.

В 1958 г. В.В. Перегудова переводят в горно-рудный трест «Дзержинскруда», где он до 1974 г. занимал должности районного инженера, заместителя начальника и начальника производственного отдела. В этот период, наряду с производственной деятельностью, он участвует в научных исследованиях по широкому кругу вопросов технологии и техники подземного буровзрывного комплекса Кривбасса, непосредственно участвует в разработке и внедрении гранулированных ВВ, механизации их заряжания, освоении короткозамедленного взрывания глубоких скважин. Проведенные исследования по параметрам и надежности взрывания скважинных зарядов из гранулированных ВВ и разработанные предложения были практически реализованы на рудниках и дали существенный технико-экономический эффект.

В 1974 г. В.В. Перегудов был переведен в промышленно-производственное предприятие «Кривбассвзрывпром», где работал до 2001 г. в должностях заместителя главного инженера и главного инженера.

Созданное в 1969 г. ППП «Кривбассвзрывпром» не имеет аналогов в мировой практике по концентрации и масштабам взрывных работ. В бывшем СССР Кривбасс производил около 40 % товарной железной руды, а по Украине — более 80 %. За 35 лет работы на карьерах горно-обогатительных комбинатов предприятием взорвано более 4 млрд $м^3$ горных пород, израсходовано около 3 млн т ВВ. «Кривбассвзрывпром» был и ныне остается флагманом прогресса и совершенствования взрывного дела.

Работая более 25 лет в «Кривбассвзрывпроме», В.В. Перегудов совместно с коллективом предприятия и горно-обогатительных комбинатов Украины, научно-исследовательскими, учебными институтами и учеными страны внес весомый вклад в совершенствование взрывных работ. Наиболее существенными результатами, достигнутыми при его непосредственном участии, являются: разработка и широкое промышленное внедрение взрывных технологий в карьерах большой производственной мощности; создание и внедрение новых промышленных взрывчатых материалов, средств и методов повышения надежности крупномасштабных взрывов, радиовзрывания. Впервые в стране были разработаны и внедрены средства комплексной ме-

ханизации взрывных работ: зарядные и забоечные машины, погрузочно-разгрузочное оборудование, механизированные комплексы по растариванию гранулированных и приготовлению горячельющихся ВВ. Широкое промышленное внедрение нашли взрывные технологии при получении сверхтвердых материалов, упрочнении деталей горно-транспортных машин, утилизации крупногабаритного оборудования, сооружений, зданий, уплотнении грунтов, ликвидации шахтных пусковых установок ядерных стратегических ракет и др.

В 1980 г. В.В. Перегудов защитил кандидатскую диссертацию, в течение 30 лет состоял членом Междуведомственной комиссии по взрывному делу, является автором более 90 печатных работ, включая 3 монографии и 25 изобретений, награжден медалями и дипломами ВДНХ.

В 1981 г. за разработку и внедрение новых промышленных взрывчатых веществ В.В. Перегудову и группе работников оборонного комплекса была присуждена Государственная премия СССР, а в 1997 г. за комплекс работ по ресурсосберегающим взрывным технологиям он был удостоен Государственной премии Украины в области науки и техники.



ПЕТРОВ Николай Григорьевич родился 23 января 1926 г. в с. Ишим Тюменской области. В 1948 г. окончил Московский институт цветных металлов и золота, в 1955 г. защитил кандидатскую, в 1969 г. — докторскую диссертацию, в 1970 г. утвержден в звании профессора.

В 1955 г. Николай Григорьевич перешел на научную работу в ИГД им. А.А. Скочинского старшим научным сотрудником, а затем на протяжении многих лет был заведующим лабораторией. В последние годы работал главным научным сотрудником. За время научной деятельности им опубликовано 214 печатных работ, в том числе 15 монографий, и получено 46 авторских свидетельств на изобретения в области буровзрывных работ.

Н.Г. Петров широко известен и имеет высокий авторитет среди научной и инженерной общественности как крупный ученый в области буровзрывного дела. Под его руководством и при непосредственном участии в 1960-е годы были разработаны и внедрены технология и средства короткозамедленного взрывания; проведен ряд исследовательских работ, послуживших разработке научных основ создания и внедрения буровой техники для проведения выработок в угольных шахтах, в том числе электро- и пневмосверл, бурильных установок и бурового инструмента.

Результаты исследований были использованы при разработке бурильных установок УБШ-319, УБШ-13, УБШ-214, сверл СР-3М, резцов РУ-43 и др.

В последние годы Н.Г. Петровым с группой ученых проводились интересные исследования по созданию нового бурового оборудования, основанного на нетрадиционных способах бурения.

Основные труды:

1. Петров Н.Г. Короткозамедленное взрывание в шахтах. — М.: Недра. — 1964. — 215 с.

2. Петров Н.Г., Павлов А.С. Волновые процессы в гидросистемах ударных механизмов бурильных машин. — М.: Наука. — 1980. — 321 с.



ПОКРОВСКИЙ Георгий Иосифович (31.03.1901—1983) родился в г. Киев — советский ученый в области физики, генерал-майор, инженер, заслуженный деятель науки и техники РСФСР (1967). Окончил Московский университет народного хозяйства (1923 г.). С 1925 г. на преподавательской работе в Московском высшем техническом училище им. Баумана, с 1929 г. — в Московском инженерно-строительном институте, с 1932 г. — проф. в Военно-инженерной академии, с 1944 г. — проф. в Военно-воздушной инженерной академии им. Н.Е. Жуковского. Основные труды — по физике взрыва и направленным взрывам, центробежному моделированию в гор-

ном деле и строительстве. Профессор Г.И. Покровский был в числе первых советских ученых, создавших теорию кумулятивных зарядов. На ее основе были сконструированы специальные кумулятивные бомбы и снаряды, успешно применявшиеся в Великой Отечественной войне в борьбе с фашистскими танками. Один из авторов возведения при помощи направленного взрыва селезащитной плотины на р. Малая Алматинка (1966, 1967 гг.). Им впервые выдвинут и теоретически разработан ставший классическим способ направленного взрыва, когда выброс породы при взрыве основного заряда направляется в сторону предварительно взорванных одного или нескольких вспомогательных зарядов. За сооружение каменнонабросной плотины Байпазинского гидроузла на р. Вахш массовыми направленными взрывами на сброс Г.И. Покровскому присуждена в 1971 г. Государственная премия СССР. Награжден 4 орденами, а также медалями.



ПРОТОДЬЯКОНОВ Михаил Михайлович — российский ученый в области горной науки, профессор (1908). После окончания Петербургского горного института (1899) был арестован по подозрению в причастности к деятельности социал-демократ. организации. Находясь под надзором полиции (1900—1904), работал на серебро-свинцовых рудниках Терского горно-промышленного акционерного общества (Сев. Кавказ, в 1902—1904 — зав. рудниками). С 1904 г. — в Екатеринославском высшем горном училище. В 1914 г. переехал в Ташкент, где участвовал в организации Туркестанского народного университета. В 1918 г. организовал горное отделение на техническом факультете, декан ф-та (1920—1930). В 1925—1930 гг. одновременно преподавал в Московской горной академии, а также являлся профессором-консультантом треста «Донуголь» (Харьков). Создатель шкалы относительной крепости горных пород, теории образования сводов естественного равновесия при подработке массивов горных пород, теории давления горных пород на рудничную крепь горных выработок, а также научных основ нормирования труда в горном производстве.

Основные научные работы:

Материалы для урочного Положения горных работ. — Ч. 1—2 (отд. 1 и 2). — М., 1926; Давление горных пород и рудничное крепление. — Ч. 1—2. — М., 1930—1933; Проветривание рудников. — 5-е изд. — М.—Л., 1931.

Литература о нем:

Зворыкин А. А., Киржнер Д. М. Михаил Михайлович Протодьяконов (1874—1930). — М., 1951; Ратькина А.П. Михаил Михайлович Протодьяконов. 1874—1930. — М., 1974.



РАКИШЕВ Баян Ракишевич родился 15 марта 1934 г. в п. Карасар Казахстана, горный инженер Казахского политехнического института (1957), д-р техн. наук (1974), профессор (1981), член-корр. НАН РК (1983), действительный член НАН РК (2003), академик Академии горных наук (1998), академик МАНИ (1998), крупный ученый в области горных наук, известный организатор высшей школы и науки Казахстана. Его инженерная и научная деятельность связана с изучением физических и технологических процессов горного производства, с развитием теорий разрушения массива горных пород при открытой разработке полезных ископаемых, а педагогическая деятельность — с подготовкой инженерных и научных кадров для этой отрасли.

Б.Р. Ракишев будучи начальником взрывного цеха Коунрадского рудника Балхашского горно-металлургического комбината, в 1958—1964 гг. одним из первых в СССР внедрил в производство использование игданита, гранулита АС, провел большой объем исследований по влиянию взрывчатых свойств бестротиловых гранулированных ВВ на гранулометрический состав и структуру развала взорванных пород.

В 1966—1993 гг. в качестве научного руководителя лаборатории технологии буровзрывных работ разработал ряд технических средств для механизированного заряжания скважин ВВ местного приготовления, на Соколовско-Сарбайском ГОКе внедрил механизированное заряжание обводненных скважин ВВ в полиэтиленовых рукавах.

Б.Р. Ракишев в 1980—1985 гг. работал проректором, а в 1985—1992 гг. — ректором Казахского политехнического института, с 1977 г. заведует кафедрой открытых горных работ.

Б.Р. Ракишев опубликовал 375 научных трудов, включая 13 монографий, 2 учебника, получил 25 авторских свидетельств, имеет 44 публикации в дальнем зарубежье.

Б.Р. Ракишев систематически выступает с докладами на международных научных форумах (США, Канада и т. д.), является постоянным членом оргкомитетов международных симпозиумов «Mining Planning and Equipment Selection», «Физические процессы разрушения горных пород».

Лауреат Республиканской премии им. К.И. Сатпаева.



РОДИОНОВ Владимир Николаевич (1926—2007) — доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Института динамики геосфер Российской Академии наук. В.Н. Родионов — лауреат премии Правительства РФ, известный специалист в области геомеханики, физики и механики взрыва, руководитель научной школы «Геомеханика неоднородных структур земной коры».

Становление В.Н. Родионова как крупного ученого началось в стенах Института химической физики АН в те годы, когда проходили испытания ядерного оружия в СССР. Обобщив накопленный опыт, полученный в серии подземных ядерных взрывов, химических взрывов, а также при проведении лабораторных экспериментов, В.Н. Родионов разработал теорию камуфлетного подземного взрыва, вывел закономерности дробления горных пород при взрыве. Им найдена связь размеров камуфлетной полости и зоны разрушения с энергией взрыва.

Его исследования легли в основу разработанной в Институте динамики геосфер РАН концепции блочно-иерархического строения массивов горных пород, теории деформирования и разрушения сред неоднородного строения при воздействиях естественного и техногенного происхождения.

Совместно с академиком В.В. Адушкиным В.Н. Родионов разработал метод моделирования экскавационного (перемещающего) действия крупномасштабных ядерных и химических взрывов, нашедший широкое применение при строительстве различных гидротехнических и защитных сооружений.

Совместно с академиком М.А.Садовским В.Н.Родионов сформулировал и решил ряд фундаментальных задач развития и действия крупномасштабных (в том числе подземных ядерных) взрывов, что позволило успешно проводить подземные ядерные испытания в сложных горно-геологических условиях, а также осуществить ряд проектов, связанных со строительством крупных инженерных сооружений.

В последнее время В.Н. Родионов занимался развитием учения о геомеханике применительно к различным структурам земной коры. В частности, он впервые обратил внимание на влияние медленных перемещений горных пород в массиве на его устойчивость. Разработанная им методика измерения медленных перемещений найдет применение при определении условий динамической устойчивости структур литосферы при техногенном изменении недр (устойчивость бортов карьеров, горного массива при выработках).

В настоящее время в ИДГ РАН работает базовая кафедра Московского физико-технического института «Геофизика сильных возмущений», в организации которой В.Н. Родионов принимал деятельное участие.



РОССИ Борис Доменикович (19.07.1905 — 02.07.1976) родился в г. Артемовск Ворошиловградской обл., в 1930 г. закончил Северокавказский химико-технологический институт (г. Новочеркасск). В 1942 г. защитил кандидатскую, в 1967 г. — докторскую диссертации.

После окончания института работал заведующим лабораторией цеха завода № 6 им. Морозова (1930—1932 гг.), старшим научным сотрудником ВХНИИ, а затем НИИ-6 (1932—1936 гг.),

руководителем научно-исследовательской группы Производственно-экспериментального управления треста «Союзвзрывпром» (1936—1943 гг.), старшим научным сотрудником (1943—1963 гг.), заведующим лабораторией научных основ взрывматериалов (1963—1976 гг.) Института горного дела им. А.А. Скочинского.

Б.Д. Росси с группой специалистов разработал и внедрил на горных предприятиях Урала, Сибири, Казахстана и Центрального района СССР динамоны на древесных опилках, древесной муке, а затем на торфе.

Им установлена связь между физико-механическими константами ВВ и дробящим действием этих ВВ в горных породах.

Б.Д. Росси провел цикл исследований образования ядовитых газов при ведении взрывных работ и создал с группой ученых первые в СССР высокопредохранительные взрывчатые вещества для шахт, опасных по газу и пыли.

Особый интерес представляют проведенные им исследования свойств предохранительных ВВ, разброса частиц при детонации и других явлений с целью повышения безопасности взрывных работ в угольных шахтах.

Б.Д. Росси — лауреат Сталинской премии за работы в области простейших ВВ (1943г.).

Б.Д. Росси установил закономерности образования ядовитых газов при взрывных работах и разработал ряд технических решений по снижению их образования.

Он награжден медалями «За доблестный труд» (1946 г.), «800 лет Москвы» (1948 г.), «За трудовую доблесть» (1954 г.).

Б.Д. Росси опубликовал около 100 работ, в том числе 12 монографий.

Основные опубликованные работы:

1. Росси Б.Д. Вредные газы при взрывных работах в подземных горных выработках. — М.,1947.

2. Росси Б.Д. Ядовитые газы при подземных взрывных работах. — М.: Недра, 1966.

3. Кукиб Б.Н., Росси Б.Д. Высокопредохранительные взрывчатые вещества. — М.: Недра, 1980.



САДОВСКИЙ Михаил Александрович (24. 10.1904 — 12.10.1994) родился в Санкт-Петербурге.

1928 г. — окончил физико-механический факультет Ленинградского политехнического института.

1936 г. — присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук.

1952 г. — присуждена ученая степень доктора технических наук.

1953 г. — присвоено звание профессора.

1953 г. — избран членом-корреспондентом Академии наук СССР.

1966 г. — избран действительным членом Академии наук СССР.

Деловая карьера:

1924—1928 гг. — заведующий лабораторией физики на рабфаке Ленинградского политехнического института.

1928—1930 гг. — стажер-аспирант Института прикладной геофизики (Ленинград).

1941—1946 гг. — инженер, с 1944 г. — начальник спецработ Президиума АН СССР (Казань—Москва).

1946—1960 гг. — заместитель директора по научной части Института химической физики АН СССР (Москва).

1960—1990 гг. — директор Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта АН СССР.

1990—1994 гг. — почетный директор Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта АН СССР.

1963 г. — член бюро, с 1967 г. — академик-секретарь, с 1969 г. — заместитель академика-секретаря, с 1990 г. — член бюро Отделения геологии, геофизики, геохимии и горных наук РАН.

1969—1971 гг. — член Президиума Академии наук СССР.

Профессиональная деятельность в предвоенные и военные годы: М.А. Садовский вел исследования механических и сейсмических эффектов взрывов, им сформулирован принцип энергетического подобия, заложивший фундамент методов построе-

ния эмпирических формул для оценки механического и сейсмического действия взрыва и методов моделирования взрывных воздействий. Им были получены эмпирические формулы расчета импульсной нагрузки ударной волны и оценки действия взрыва, разработан метод определения сейсмически безопасных расстояний при взрывных работах, что имеет важное значение для использования взрывов в промышленности, строительстве, горном деле.

С 1949 г. М.А. Садовский являлся научным руководителем Семипалатинского испытательного полигона. Под его руководством ядерные испытания были оснащены современными регистрирующими методиками, разработанными в Спецсекторе Института химической физики АН СССР, заместителем директора которого он был в то время.

Являясь членом советской делегации на совещаниях в Женеве (1958, 1960 гг.), М.А. Садовский внес неоценимый вклад в заключение Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний.

Благодаря его деятельности на посту директора Института физики Земли АН (с 1960 по 1990 гг.) была существенно расширена и укреплена Единая сеть сейсмических наблюдений СССР, создана Центральная сейсмологическая обсерватория в г. Обнинске, заложившая основы существующей ныне Геофизической службы РАН, создана комплексная геофизическая обсерватория в г. Борок. По инициативе, при поддержке и непосредственном участии М.А. Садовского в Институте физики Земли успешно развивались новые перспективные направления исследований, к числу которых следует отнести математическую и вычислительную геофизику, физику взрыва, физику очага землетрясений, исследования ионосферно-земных связей. Расширялись работы по планетарной геофизике, геомагнетизму, физике планет и космогонии, изучению вещества земных недр при высоких термодинамических условиях, гравиметрии, экспериментальной геофизике, геотермии, исследованию электромагнитного поля Земли, геофизическому приборостроению.

Михаилом Александровичем с его соратниками и учениками были выполнены фундаментальные исследования по физике процессов подготовки землетрясения, энергетической калибровке землетрясений, модели очага землетрясения, физике сейсмического процесса в дискретной геофизической среде с блоковой структурой. Под его идейным руководством и при огромном творческом вкладе были созданы фундаментальные основы новой модели геофизической среды как дискретной иерархической системы блоков и отдельностей.

С 1952 по 1958 гг. М.А. Садовский заведует кафедрой по физике взрыва Московского физико-технического института.

1973—1989 гг. — председатель Научного совета по проблеме «Народнохозяйственное использование взрывов» АН СССР.

1980 г. — председатель Междуведомственного совета по сейсмологии и сейсмостойкому строительству РАН.

Почетные звания:

1949 г. — Герой Социалистического Труда с вручением ордена Ленина и медали «Серп и Молот».

1981 г. — иностранный член Академии наук ГДР.

Профессиональные награды и премии:

1945 г. — орден Трудового Красного Знамени, медаль «За доблестный труд в Великой Отечественной войне».

1948 г. — Государственная премия СССР.

1951 г. — Государственная премия СССР.

1956 г. — Государственная премия СССР, орден «Знак Почета».

1960 г. — орден Ленина.

1956 г. — орден Ленина.

1962 г. — Ленинская премия.

1964 г. — орден Трудового Красного Знамени.

1970 г. — медаль «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина».

1971 г. — орден Октябрьской Революции.

1974 г. — орден Ленина.

1981 г. — орден Ленина.

1984 г. — орден Трудового Красного Знамени.

1986 г. — золотая медаль имени М.В. Ломоносова.



СИМКИН Борис Александрович (01.09.1926—31.10.1994) — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники СССР, лауреат премии Совета Министров СССР, крупный ученый и специалист в области разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом.

Автор свыше 150 публикаций, в том числе ряда капитальных книг и учебных пособий для вузов.

Б.А. Симкин родился в пос. Дашково Пензенской области. Трудовую деятельность начал в возрасте 17 лет электрослесарем на угольной шахте. В 1949 г. окончил Московский горный институт, а в 1953 г. защитил кандидатскую и в 1966 г. докторскую диссертации.

В период 1952—1954 гг. Б.А. Симкин работал в Академии угольной промышленности, откуда был переведен в Институт горного дела им. А.А. Скочинского. Здесь принимал участие в решении вопросов коренного совершенствования техники и технологии разработки месторождений открытым способом. Его работы способствовали утверждению и развитию прогрессивных принципов бурения скважин на карьерах и обоснованию основных параметров новых буровых станков, созданию и внедрению мощной экскаваторной техники, развитию крупных разработок на базе новой техники и технологии в основных угольных бассейнах страны.

В 1962—1966 гг. Б.А. Симкин работал начальником лаборатории и отдела в ЦНИИподземмаше, в 1966—1971 гг. — заместителем директора института ПромНИИпроект, а с 1971 по 1994 гг. — заведующим лабораторией сначала в Секторе физико-технических горных проблем Института физики Земли АН СССР, а затем — в Институте проблем комплексного освоения недр АН СССР, РАН.

Его работы по комбинированному транспорту, выбору оптимального режима бурения шарошечными станками, определению

вместимости ковша экскаватора и высоты уступа, установлению оптимальной длины фронта работ при транспортной системе разработки и математическому моделированию в проектировании и управлении производственными процессами на карьерах, комплексной механизации процессов циклично-поточной технологии и другие стали научной основой оптимизации добычи полезных ископаемых и внесли большой вклад в развитие горной науки.



СТРАУСМАН Рафаил Яковлевич родился 29 октября 1926 г. в Ташкенте. Специальность горного инженера получил в результате учебы в Московском горном институте в 1943 — 1948 гг. Работал на комбинате «Воркутауголь», в 1948 — 1953 гг. сменным инженером шахты и преподавателем горного техникума; в 1953 — 1963 гг. — в производственно-экспериментальном управлении (ПЭУ) треста «Союзвзрывпром» в должности старшего инженера и технического руководителя участка взрывных работ; в 1963 — 1990 гг. — в институте «Гидроспецпроект» в должностях главного инженера проекта, начальника отдела и главного специалиста отдела взрывных работ. В 1990 г. ушел на пенсию.

В ПЭУ «Союзвзрывпром» занимался освоением технологии короткозамедленного взрывания скважинных зарядов на открытых горных работах и руководил разработкой ряда проектов массовых направленных взрывов, среди которых проект создания взрывом Алма-атинской селезащитной плотины и взрывонабросной плотины Байпазинского гидроузла (на стадии проектного задания).

В «Гидроспецпроекте» участвовал в разработке проектной документации буровзрывных работ при сооружении котлованов гидротехнических объектов с применением контурного взрывания и сохранением защитных слоев. Продолжил работу по использованию направленных взрывов при сооружении плотин, разработав проект взрыва при создании

верховой перемычки плотины Нурекской ГЭС, проект взрыва для создания низовой перемычки Атбашинской ГЭС и проект взрывов по созданию плотин Камбаратинских ГЭС № 2 и № 1. Рафаил Яковлевич — выдающийся и одаренный проектировщик взрывных работ. Его проекты отличаются тщательностью проработки, неожиданными и одновременно оправданными, а частично и изящными техническими решениями, лапидарностью и в то же время полнотой охвата рассматриваемых вопросов.

Накопленный опыт проектирования и производства взрывных работ отражен в более чем 30 печатных трудах, среди которых основными являются следующие:

- Технические правила ведения взрывных работ в энергетическом строительстве / Коллектив авторов. — М.: Энергия, 1967.
- Багдасаров А.Г., Давыдов С.А., Страусман Р.Я. Взрывные работы в гидротехническом строительстве. — М.: Энергия, 1969.
- Технические правила ведения взрывных работ в энергетическом строительстве / Коллектив авторов. — 2-е изд. — М.: Энергия, 1972.
- Проектирование взрывных работ / Коллектив авторов. — М.: Недра, 1974.
- Строительство плотин массовым взрывом породы / Коллектив авторов. — М.: Энергия, 1974.
- Проектирование взрывных работ в промышленности / Коллектив авторов. — 2-е изд. — М.: Недра, 1983.
- Технические правила ведения взрывных работ в энергетическом строительстве / Коллектив авторов. — 3-е изд. — Изд. АО «Институт Гидроспецпроект», 1997.

В порядке освоения новой техники взрывных работ было получено свыше 20 изобретений, защищенных авторскими свидетельствами СССР.



СУХАНОВ Афанасий Филимонович (31.01.1904—07.12.1980) родился в с. Горбово Киренского р-на Иркутской обл. — советский ученый в области горных наук, д-р техн. наук, профессор (1939 г.). Окончил Сибирский (Томский) политехнический институт (1928 г.). В 1934 г. —главный инженер рудников Кривбасса, зам. директора Криворожского горно-рудного института (1934— 1936 гг.), директор Среднеазиатского индустриального института (1936 г.), Ленинградского горного института (1937 и 1950—1953 гг.), зам. пред. Комитета по делам высшей школы при СНК СССР (1937—1941 гг.), директор Алма-Атинского металлургического института (1941 г.), Института цветных металлов и золота им. М. И. Калинина (1941—1950 гг.), с 1953 г. работал в Московском горном институте (в 1957—1961 гг. — ректор). Автор классификации горных пород по буримости и взрываемости, которая явилась научно-методической основой для составления таких классификаций для горных предприятий, отрасли, страны, что позволило обоснованно нормировать буровые и взрывные работы, наметить пути их совершенствования. Известны работы А.Ф. Суханова по теории разрушения горных пород взрывом, по введению понятия «разрушающая способность зарядов». Подготовил 60 кандидатов и 5 докторов наук, награжден рядом правительственных наград и отраслевыми почетными знаками и грамотами.



ТАМБИЕВ Геннадий Исаевич родился 04.12.1939 г. в г. Уш-Тоби Талды-Курганской обл. респ. Казахстан, доктор технических наук (1998 г.), профессор, академик Академии горных наук России. В 1962 г. окончил Казахский горно-металлургический институт, горный инженер. С 1962 по 1965 гг. работал горным мастером на комбинате «Шурабуголь» (Таджикская ССР). С 1965 г. — ведущий научный сотрудник кафедры «РГП и ПВ» КазНТУ. С 1987 г. — заведующий отраслевой лабораторией комплексной механизации взрывных работ (ОЛКМВР). За время его работы в

должности заведующего лабораторией ОЛКМВР были разработаны зарядчики ЗП-2, ЗП-5, РПЗ-06, зарядно-транспортные машины АОС и «Зыряновск». В 1991 г. на базе Отраслевой лаборатории комплексной механизации взрывных работ создает самостоятельную научно-внедренческую организацию «Интеррин», которая в 1997 г. была преобразована в научно-производственное предприятие «Интеррин». По настоящее время работает в НПП «Интеррин» Генеральным директором. НПП «Интеррин» занимается разработкой новых технологий и оборудования для изготовления ВВ. Результаты деятельности и исследований Г.И. Тамбиева внедрены на горных предприятиях Республики Казахстан, Кыргызстан, России, Украины в виде построенных мини-заводов по приготовлению ВВ, новых зарядчиков, установок для производства новых типов ВВ, новых технологий взрывания.

Под руководством Г.И. Тамбиева в НПП «Интеррин» создан Учебный центр по подготовке взрывников, где проходят обучение сотрудники горных предприятий всего Казахстана.

В настоящее время НПО «Интеррин» под руководством Г.И. Тамбиева связывают долгосрочные научные и коммерческие отношения не только с партнерами из стран бывшего СНГ, но и зарубежными партнерами из Китая, Югославии, Испании, Чехии.

Г.И. Тамбиевым опубликовано 97 печатных трудов, в том числе 4 коллективные монографии и горно-геологический справочник в 2-х томах. Им получено 18 авторских свидетельств, 12 патентов Республики Казахстан и 5 патентов Российской Федерации. Г.И. Тамбиев является лауреатом Премии Совета Министров Казахстана.



ТИМОШИН Владимир Иванович родился 14 июля 1932 года в г. Ленинске-Кузнецком Кемеровской области в семье служащего.

После ареста отца в 1938 г. (реабилитирован посмертно в 1957 г.) В.И. Тимошина взял на воспитание брат отца —И.С. Тимошин. В 1948 г. В.И. Тимошин по окончании на «отлично» 7 классов без экзаменов поступил в Кемеровский горный

техникум, который в 1952 г. окончил с отличием по специальности «техник-маркшейдер», поступил в Кемеровский горный институт на горный факультет, который закончил в 1957 году и был направлен на работу в трест «Томусауголь» на Красногорский угольный разрез в г. Междуреченск, где работал горным мастером, заместителем главного инженера разреза.

В 1965 г. В.И. Тимошина перевели на вновь открывшийся разрез «Междуреченский», где он работал помощником начальника участка, заместителем главного инженера, заместителем директора разреза по производству. С этой должности в 1970 г. был направлен для оказания технической помощи в Социалистическую Республику Вьетнам в должности советника главного инженера треста «Хонгайуголь».

В 1972 г. вернулся на Междуреченский разрез на должность заместителя директора по производству.

В марте 1977 г. В.И. Тимошиным защищена кандидатская диссертация. В декабре 1977 г. он был переведен главным инженером вновь открытого разреза «Сибиргинский».

В 1988 г. В.И. Тимошина вновь отправили во Вьетнам для оказания технической помощи, где он работал техническим советником по открытым работам.

По возвращении он был принят на работу заместителем директора ЗАО «КузбассКонтек», где занимался строительством обогатительных и сортировочных установок на разрезах Южного Кузбасса.

В 1994 г. В.И. Тимошин был переведен заместителем генерального директора ЗАО «ЮжКуТУК», где ему было поручено заниматься буровзрывными работами. С 1994 г. с помощью канд. техн. наук В.С. Прокопенко В.И. Тимошиным решена задача заряжания обводненных скважин неводоустойчивыми ВВ путем заряжания в полиэтиленовые рукава, которые предварительно в стационарных условиях укладывались в гармошку на металлические, а затем одноразовые полиэтиленовые гильзы.

С 1994 по 2004 гг. на предприятиях России было взорвано около 300 тысяч как обводненных, так и сухих скважин с использованием полиэтиленовых рукавов с хорошим качеством взрывов и значительным экономическим эффектом.

В течение 11 месяцев в 1994 г. по решению администрации пяти разрезов под руководством В.И. Тимошина была спроектирована и построена установка по производству бестротиловых и тротилсодержащих ВВ производственной мощностью 25 тыс. т в год. С ноября 1995 г. по настоящее время выпущено более 200 тыс. т ВВ, полностью прекращена поставка ВВ по железной дороге. Учитывая, что потребление ВВ на пяти разрезах Междуреченска составляет 75—80 тыс. тонн в год, до строительства этой установки на подъездных путях базисного склада и станции Кийзак в г. Междуреченск скапливалось до 20 вагонов ВВ, что для террористов могло быть весьма заманчивым объектом. В настоящее время на складах хранятся только компоненты для производства взрывчатых веществ, а взрывчатка получается при загрузке в спецавтомобили типа МЗ-ЗБ, МЗ-4.

В апреле 1998 г. на базе ЗАО «ЮжКуТУК» было организовано ОАО «Взрывпром Юга Кузбасса». Под руководством В.И. Тимошина с 2000 г. ОАО «Взрывпром Юга Кузбасса» впервые в России начал не только выпускать взрывчатые вещества, но и выполнять взрывные работы на разрезах, что положительно сказалось на улучшении качества ведения взрывных работ, на повышении производительности труда и снижении себестоимости добычи угля.

Одновременно с этим созданная во «Взрывпроме» научно-техническая служба, с привлечением научных сил институтов, технической службы Бийского Олеумного завода, работает над созданием новых типов ВВ и новых схем инициирования, особенно блоков для бестранспортной технологии.

Совместно с Новосибирским заводом «Искра» проводятся промышленные испытания различных типов инициаторов.

Госгортехнадзор России провел в 1999 г. международное совещание на базе ОАО «Взрывпром Юга Кузбасса», в котором также принимали участие ученые и специалисты-взрывники из Казахстана, Швеции, США. В 2003 г. состоялся Межведомственный совет Госгортехнадзора России по взрывному делу.

В.И. Тимошин награжден орденом «Знак Почета», юбилейной медалью, присвоено звание «Почетный шахтер», кавалер всех трех степеней «Шахтерская слава», имеет значительное количество почетных грамот и благодарностей.



ФАДЕЕВ Вячеслав Юрьевич родился 28 октября 1947 г. в г. Панфилов Талды-Курганской области, Казахстан. В 1970 г. окончил Казахский политехнический институт по специальности горный инженер-маркшейдер. С 1970 года — научный сотрудник Отраслевой лаборатории комплексной механизации взрывных работ Министерства цветной металлургии СССР при Казахском политехническом институте. В этот период при его участии решаются вопросы механизированного заряжания на многих предприятиях СССР, среди них Дукатский ГОК и рудник им. Матросова объединения «Северо-Востокзолото», Нежданенский рудник и прииски Куларский и Нижний Куранах объединения «Якутзолото», подземные рудники объединения «Дальполиметалл», Джезказганский, Зыряновский, Лениногорский, Текелийский, Каражальский и Жайремский ГОКи Министерства цветной металлургии Казахстана. В 1991 г. явился одним из создателей научно-внедренческой организации «Интеррин», которая в 1997 г. была преобразована в научно-производственное предприятие «Интеррин». В период с 1991 по 2001 гг. — технический директор НПП «Интеррин», а затем директор по науке и новым технологиям. С 2002 г. в Российской Федерации основано представительство НПП «Интеррин» — ЗАО «Взрывинвест», в котором он занимает должность технического директора.

За время работы им и при его непосредственном участии было сконструировано и поставлено на производство унифицированное оборудование для изготовления ВВ и параметрический ряд зарядчиков, разработана стратегия повышения эффективности деятельности горно-добывающих предприятий путем переориентации их на применение новых и безопасных ВВ, изготавливаемых на подземных технологических комплексах. Особое внимание уделено разработке и постановке на производство современных, эффективных и экологически безопасных в обращении промышленных ВВ для подземных рудников, разработана и успешно внедряется уникальная технология построе-

ния эффективных и безопасных взрывных технологических комплексов нового технического уровня с изготовлением ВВ из невзрывчатых компонентов, не содержащих тротила.

Под его руководством было осуществлено внедрение взрывных подземных технологических комплексов по производству ВВ на рудниках ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель», объединенного Кировского рудника ОАО «Апатит». Запроектированы и пущены в промышленную эксплуатацию пункты изготовления промышленных ВВ на Тырныаузском вольфрамомолибденовом комбинате и Садонском свинцово-цинковом комбинате, а также на Запорожском железорудном горно-обогатительном комбинате и руднике «Сухая балка» на Украине.

В настоящее время в сферу научных, промышленных и коммерческих интересов организаций, с которыми работает В.Ю. Фадеев, все шире вовлекаются партнеры из Канады, США, стран Евросоюза и Китая.

В.Ю. Фадеевым опубликовано около 100 научных трудов, в том числе более 40 авторских свидетельств, 11 патентов РФ и РК, 2 монографии и около 50 статей.

Лауреат Премии Совета Министров Казахстана.



ХАНУКАЕВ Александр Нисанович (15.12.1912—22.11.2000) родился в г. Дербент (респ. Дагестан). В 1937 г. закончил Ленинградский горный институт по специальности «Разработка месторождений полезных ископаемых».

С 1937 по 1941 гг. работал в Ленинградском производственном управлении треста «Союзвзрывпром» («Ленвзрывпром») в должности начальника участка буровзрывных работ.

В июне 1941 г. мобилизован на работы по минированию подступов к Ленинграду и взрыванию городских промышленных объектов на случай прорыва немецко-фашистских войск. С конца 1941 г. — заместитель главного инженера, заместитель директора управления «Ленвзрывпром».

Весь период вражеской блокады Ленинграда, вплоть до окончания Великой Отечественной войны А.Н. Ханукаев в должности заместителя начальника «Подрывной службы» штаба МПВО МВД СССР и в воинском звании инженер-капитана руководил жизненно важными для осажденного Ленинграда работами по разминированию, обезвреживанию невзорвавшихся фугасных авиабомб, снарядов и морских магнитных мин. За время блокады им лично обезврежено более 80 авиабомб, мин, крупнокалиберных снарядов, в том числе и так называемая «семнадцатая» — фугасная авиабомба с часовым механизмом и взрывателем, установленным на неизвлекаемость. Инженер-капитан А.Н. Ханукаев в ноябре 1942 г. стал единственным в мире человеком, который извлек неизвлекаемый детонатор.

Опыт этой опасной работы и проведенные при этом исследования обобщены в монографии А.Н. Ханукаева «Разрушающее действие германских фугасных авиабомб» (Лениздат, 1944), которая явилась основой его кандидатской диссертации, защищенной в 1947 г.

По окончании войны с 1945 по 1949 гг. А.Н. Ханукаев работает начальником ленинградской конторы «Желдорвзрывпрома».

С 1949 по 1988 гг. А.Н. Ханукаев работает в Ленинградском горном институте ассистентом, доцентом, профессором кафедры буровзрывных работ. В 1961 г. защитил докторскую диссертацию и с 1962 г. работал профессором кафедры разрушения горных пород.

Профессор А.Н. Ханукаев внес существенный вклад в развитие теории разрушения горных пород взрывом, им впервые произведена количественная оценка энергии волн напряжений при взрыве в породах, разработана классификация взрываемости горных пород по акустической жесткости.

В 1962 г. им при Ленинградском горном институте создана межотраслевая лаборатория разрушения горных пород взрывом, оснащенная современным на тот период научным оборудованием, в том числе импульсной рентгеновской установкой для изучения действия взрыва в ближней зоне. Лабораторией выполнены важнейшие научно-исследовательские работы по управлению разрушающим действием взрыва, созданию нового класса

водосодержащих и простейших взрывчатых веществ с малым содержанием тротила и полностью бестротиловых ВВ, средств комплексной механизации заряжания обводненных скважин. Крупнейшие предприятия черной и цветной металлургии СССР перешли на разработанные им и коллективом его лаборатории водосодержащие и простейшие ВВ, изготавливаемые на разработанных им же в содружестве с институтом «Гипроникель» комплексах механизированной зарядки.

Его работы представлены более чем в 40 авторских свидетельствах и патентах и в 400 печатных трудах, из которых более 130 опубликовано в открытой печати.

За 49 лет работы в Ленинградском горном институте подготовил 37 кандидатов технических наук, из которых 5 защитили докторские диссертации.

С 1945 г. — член Президиума, заместитель председателя Совета ветеранов Краснознаменной МПВО Ленинграда и области.

Основные награды: 1942 г. — орден Красной Звезды; 1943 г. — медаль «За оборону Ленинграда»; 1944 г. — орден Отечественной Войны II степени; 1945 г. — медаль «За победу над Германией в ВОВ»; 1946 г. — медаль «За доблестный труд в ВОВ», а также многими медалями и почетными знаками СССР и отраслей промышленности.

Основные публикации:

Руководство по обезвреживанию и уничтожению сухопутных мин. — Лениздат, 1944.

Разрушающее действие германских фугасных авиабомб. — Лениздат, 1944.

Использование трофейных ВВ и боеприпасов на взрывных работах. — Лениздат, 1946.

Энергия волн напряжения при разрушении пород взрывом. — М.: Госгортехиздат, 1962.

Физические процессы при отбойке горных пород взрывом. — М.: Недра, 1974.

Основные публикации о А.Н. Ханукаеве:

• «Огонек».— 1949. — № 5. — Статья «Жизнь продолжается».

• Демидов А.В. Мы уходим последними. — Лениздат, 1967.

• От МПВО — к гражданской обороне. — Атомиздат, 1968. — С. 46.

- Паллон В. Горцы — солдаты России, 100 поединков со смертью. — 1975.
- Бобров Н. Как обезвредили семнадцатую // Советский Союз. — 1982. — № 5, 6 (на немецком языке).

Всего около 70 работ.



ШВЕДОВ Константин Константинович родился 28 мая 1933 г. в д. Назарьево Звенигородского р-на, Московской области.

В 1958 году окончил Московский инженерно-физический институт (МИФИ) по специальности «Физика быстропротекающих химических процессов», работает в Институте проблем химической физики (ИГТХФ) РАН г. Черноголовка, доктор физико-математических наук, профессор МГГУ.

Основное направление исследований — процессы детонации и взрыва гетерогенных конденсированных взрывчатых веществ, включая смеси окислитель — горючее промышленного назначения.

Установлена структура фронта и определены параметры детонации (скорость фронта, массовая скорость, давление, показатель политропы продуктов) и время реакции важнейших классов КВВ. Дано экспериментальное доказательство справедливости применения основных положений современной гидродинамической теории к детонации конденсированных ВВ. Установлены основные факторы, определяющие механизм и полноту превращения, параметры фронта и время реакции в стационарных (детонация) и нестационарных или квазистационарных взрывных процессах и их связь с предельными явлениями. Проведен цикл исследований по научному обоснованию и созданию практических вариантов методов испытаний современных ПВВ, изготовляемых на местах применения.

Автор около 200 научных работ. Лауреат премии Правительства РФ 1997 г. в области науки и техники.

Публикации: Детонационные волны в конденсированных средах. — М.: Наука, 1970; Методы испытаний низкочувствительных ВВ: Методические рекомендации / Сб. под ред. К.К. Шведова. — Черноголовка, 1991 г.; О полноте и экологической безопасности взрыва низкочувствительных промышленных ВВ. // Энергетическое строительство. — 1993. — № 6. — С. 51—57; Процессы детонации и взрыва гетерогенных конденсированных взрывчатых веществ // Физические проблемы разрушения горных пород / Сб. трудов. — Новосибирск: Наука, 2003.



ШЕМЯКИН Евгений Иванович (9.12.1929). В 1952 г. окончил Ленинградский госуниверситет и поступил в аспирантуру ЛГУ. В 1955—1960 гг. работал научным сотрудником в Институте химической физики АН СССР. В 1960 г. Е.И. Шемякин переехал в г. Новосибирск и начал работать в Институте теоретической и прикладной механики горных пород. В 1962 г. защитил докторскую диссертацию.

Работу в Академии наук Е.И.Шемякин совмещал с преподаванием в Новосибирском госуниверситете. В 1965 г. ему присвоили ученое звание профессора и здесь же он в течение 20 лет (1967—1987 гг.) заведовал кафедрой механики сплошной среды. На основе прочитанного курса лекций им был опубликован учебник «Динамические задачи теории упругости и пластичности» (1968 г.), который стал ценным методическим пособием не только для студентов, но и для всех специалистов, занимающихся вопросами механики твердого тела.

В 1970 г. Евгений Иванович был приглашен в Институт горного дела СО АН СССР на должность заместителя директора. В 1972 г. его назначают и.о. директора, а в 1975 г. избирают директором института, им Е.И. Шемякин бессменно руководил до июля 1987 г. В 1976 г. он был избран членом-корреспондентом, а в 1984 г. — действительным членом (академиком) АН СССР, что явилось признанием его выдающихся достижений в области гео-

физики, горного и взрывного дела. В 1980 г. его избрали заместителем председателя Президиума СО АН СССР, в этой должности он работал до 1986 г. С 1987 г. Евгений Иванович — председатель Объединенных советов по защите диссертаций.

С 1987 по 1992 гг. Е.И. Шемякин занимал ответственный пост председателя Высшей аттестационной комиссии при Совете Министров СССР и внес существенный вклад в дело подготовки кадров высшей квалификации для народного хозяйства страны.

В 1991 г. Евгения Ивановича пригласили в Московский государственный университет заведующим кафедрой волновой и газовой динамики, где он трудится и поныне. Параллельно с основной работой в МГУ он проводит консультации в качестве главного научного сотрудника Института динамики геосфер РАН. Е.И. Шемякин интенсивно проводит исследования по деформациям и разрушению твердых тел (в том числе под воздействием удара и взрыва). Им осуществлено теоретическое и экспериментальное моделирование процессов деформации и разрушения скальных пород. Создаются модели массивов горных пород с возникновением и реализацией упорядоченных блочных структур. В 1990-е годы появился целый ряд оригинальных работ Е.И. Шемякина по теоретическим и прикладным проблемам горной механики. Всего им опубликовано более 250 научных работ, включая пять монографий, среди них «Динамические задачи теории упругости и пластичности» (1968), «Динамическое разрушение твердых тел» (1979).

В середине 1990-х годов Евгений Иванович основал научную школу по деформациям и разрушению твердых тел, в которую вошли ведущие специалисты многих научно-исследовательских институтов Москвы и Новосибирска. Длительное время он работал главным редактором журнала «Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых».

Научные достижения Е.И. Шемякина признаны как в России, так и за рубежом. Он является действительным членом Академии горных наук и Российской академии естественных наук, почетным членом Международной инженерной академии. Его избрали членом Королевского общества инженеров

(Швеция), иностранным членом Академии наук Чехословакии, членом Международного бюро по механике горных пород, председателем Национальной группы геомехаников. Заслуги Е.И. Шемякина получили высокую оценку и в обществе. Лауреат Государственной премии СССР (1985 г.), награжден орденами «Знак Почета», Трудового Красного Знамени, Дружбы народов. Удостоен трех золотых медалей ВДНХ, имеет ряд иностранных наград.



ЩУКИН Юлий Григорьевич родился в 1938 г. в г. Стерлитомак, Респ. Башкортостан, директор Российского института по проблемам утилизации ВМ Федерального Агентства по образованию. В 1963 г. окончил Куйбышевский авиационный институт по специальности «инженер-механик». В 1971 г. окончил аспирантуру Московского горного института и получил ученую степень кандидата технических наук. В 1975 г. окончил техникум при Министерстве цветной металлургии по специальности «горный техник». В 1981 г. за разработку ассортимента промышленных ВВ присуждена Государственная премия СССР. В 1983 г. защитил докторскую диссертацию в Центральном НИИ химии и механики.

С 1992 г. — профессор кафедры «Разрушение горных пород взрывом» Московского горного института, с 1993 г. — член-корр. Международной инженерной академии. Автор ряда учебников, таких как «Промышленные взрывчатые вещества на основе утилизированных боеприпасов», «Средства инициирования промышленных взрывчатых веществ».

С 1993 по 2003 гг. — член Межведомственного Совета по взрывному делу при Госгортехнадзоре России. В 1998 г. за работы по утилизации взрывчатых материалов снимаемых с вооружения боеприпасов присуждена Государственная премия Российской Федерации.

Имеет более 155 научных работ, в том числе 24 изобретения.



ЭТКИН Михаил Борисович родился 20.09.37 г. в г. Пушкино Московской обл. Окончил Московский горный институт в 1960 г. Горный инженер. Руководитель взрывного направления института «Гидроспецпроект», вице-президент корпорации «Союзгидроспецстрой» по буровзрывным работам.

Проектированием буровзрывных работ занимается с 1962 г. Прошел все карьерные ступеньки от инженера до руководителя специализированного проектного подразделения (1962—1965 гг. — «Мосгипротранс», с 1965 г. — в институте «Гидроспецпроект» и в системе «Союзгидроспецстроя»). Освоил многочисленные сложные взрывные технологии, накопил богатый опыт проектирования и производства взрывов, в т.ч. уникальных. Работая главным инженером проекта с 1965 г., руководил проектированием буровзрывных работ на строительстве крупных гидроэлектростанций: Чиркейская, Миатлинская, Ирганайская, Серебрянские, Днепрогэс-II, Рижская, Днестровская, Шамалды-Сайская, Таш-Кумырская, Камбаратинская; АЭС: Армянская, Южно-Украинская; ТЭС: Билибинская, Белоярская, Смоленская; Зуевская ГРЭС-2; Рязанская ГРЭС; Южно-Казахстанская ГРЭС; КАТЭК; Таллинская ТЭЦ- 2 «ИРУ»; а также в промышленном строительстве: Норильский ГМК; КамАЗ; ВАЗ; Атоммаш в Волгодонске; на ряде объектов МО СССР; на зарубежных объектах: АЭС в Китае, в Индии, ТЭЦ «Гавана» на Кубе.

В 1987 — 1990 гг. руководил взрывными работами в Киргизском СУ и в Московском СУ «Союзгидроспецстроя».

Под руководством М.Б. Эткина и лично им были разработаны в проектах и успешно внедрены новые современные технологии буровзрывных работ на объектах «Союзгидроспецстроя»: контурное взрывание для уменьшения шероховатости откосов в скальных грунтах и повышения их устойчивости (Чиркейская, Миатлинская, Ирганайская, Серебрянские и др. ГЭС). Откосы в районе арочной плотины Чиркейской ГЭС имели высоту до 250 м и стали классикой взрывного дела по качеству контурного взры-

вания; взрывное обрушение грунтов в котлованах на крутых горных склонах, например врезок плотин, с подготовкой взрыва бурением веерных скважин из подземных буровых штолен (впервые в практике строительства было реализовано в 1967 г. на Чиркейской ГЭС для создания верховой перемычки); технологии осторожного взрывания на строительстве крупных промышленных объектов, когда взрывные работы приходится вести с возрастающими ограничениями, в совмещенном режиме, т.к. развиваются другие основные строительные процессы, появляются строящиеся здания, коммуникации, сооружения; при совмещении взрывных и бетонных работ; при подводных взрывных работах впервые запроектирована «пузырьковая завеса» для ограничения действия подводной ударной волны; при строительстве в горных условиях были разработаны безопасные способы обезопашивания горных склонов от потенциально-неустойчивых массивов различной формы и размеров.

При реконструкции энергетических объектов разрабатывались проекты специальных взрывных работ (Волховская, Нижне-Свирская ГЭС, Днепрогэс- I, Шатурская ТЭЦ и др.).

На строительстве Кольской АЭС разработана технология интенсивного взрывания (до 10000 $м^3$ в месяц) скважинным методом с применением укрытий различного типа с регистрацией взрывов киносъемкой и сейсмической аппаратурой.

В качестве ведущего инженера проекта возглавил проектные и исследовательские работы Камбаратинских ГЭС с участием ряда академических и отраслевых институтов. В 1986—1987 гг. были выбраны опытные площадки в Киргизии, организованы и проведены уникальные взрывы по испытанию зарядов из аммиачной селитры и дизельного топлива с регистрацией взрывного эффекта современной аппаратурой с участием ведущих институтов АН СССР, АН Киргизии и Узбекистана, проектных институтов Минэнерго СССР.

Руководил проектированием, а потом подготовкой и проведением взрыва при сооружении опытной плотины на р. Уч-Терек. Впервые в мировой практике был применен заряд из аммиачной селитры с введением по трубопроводам дизельного топлива непосредственно перед взрывом, при общей массе заряда

2000 т (крупнейший взрыв в строительстве после Медео). Для складирования АС были построены 2 хранилища вместимостью по 1000 т каждый. Велись наблюдения за изменениями влажности и температуры АС в период хранения.

Возглавил проектирование взрывных работ по программе «Гидровзрыв» по уплотнению осадочных грунтов в г. Волгодонске, при производстве взрывов осуществлял техническое руководство этими работами непосредственно на объектах.

Воспитал два поколения специалистов по проектированию буровзрывных работ. Создал стиль проектирования, когда все сложные взрывы проводились под техническим руководством авторов проекта.

Имеет более 40 печатных работ, более 20 изобретений в области взрывного дела. Является председателем гидротехнической секции Совета по использованию энергии взрыва в народном хозяйстве, до реорганизации в 2003 г. был членом Межведомственного Совета по взрывному делу при Госгортехнадзоре РФ.

Неоднократно награждался почетными грамотами Минэнерго СССР и РФ, дипломами и медалями ВДНХ, ему присвоены почетные звания «Заслуженный работник Минтопэнерго РФ», «Почетный энергетик Минэнерго РФ», «Почетный строитель Минэнерго РФ», «Отличник военного строительства».

БУРЕНИЕ — КЛЮЧ К ТАЙНИКАМ И КЛАДОВЫМ НЕДР ЗЕМЛИ

ВЗРЫВНОЕ ДЕЛО

13.1. ВВЕДЕНИЕ

Дом человечества — наша прекрасная Земля. Существует множество способов исследований земной коры. Однако единственно надёжным методом изучения нашей и других планет сейчас и, по-видимому, в обозримом будущем останется бурение скважин.

Бурение — один из редких примеров в технике, когда долото — исполнительный механизм, разрушающий горную породу, удалён от человека (оператора) на несколько километров в глубь Земли и, несмотря на это, превосходно «работает».

Основным методом достоверной оценки запасов минерального сырья — базы развития человечества — было и остаётся бурение. Разведка богатств Земли — одна из главных задач буровиков — геологов.

Без бурения немыслимо развитие энергетики страны, строящейся на использовании подземных кладовых нефти, угля, газа, золота, меди, руды. Рядом с буровиками-разведчиками всегда трудятся буровики-эксплуатационники. Добыча природных недр достигла высоких рубежей за счет совершенной техники и технологии бурения.

Наша страна стала обладателем мирового рекорда глубины: свыше 13 км. Такая скважина пробурена на Кольском полуострове самой мощной буровой установкой, построенной на Уралмаше (г. Екатеринбург). Российскими специалистами достигнута наибольшая в мире глубина скважины в толще вечномёрзлых горных пород и во льдах.

Нет пока такой специальности, историческое прошлое которой не было бы изучено и не изучалось. Так и к бурению проявляется у людей технический интерес в этой сфере деятельности. Свои научно-технические достижения учёные не прочь экспериментировать, учитывая все предшествующие способы бурения, чтобы технически грамотно развивать эту науку, полезную нашей стране при добыче кладовых Земли.

Различные виды буровой техники задействованы в наши дни при разведке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых, в шахтах, на карьерах, на месторождениях нефти и газа, на строительстве метро, различных зданий и сооружений.

По-видимому, единственно надежным методом изучения нашей и других планет в обозримом будущем останется бурение скважин.

13.2. ИСТОРИЯ ЗАРОЖДЕНИЯ БУРЕНИЯ

Бусы и другие украшения со временем превратились в обменный фонд. Потребность в них постоянно росла, а отсюда — необходимость массового изготовления бус новыми более совершенными инструментами. Древний человек был очень находчив и изобретателен. Это подтверждает усложнение конструкции сверла. Одна из бусинок музея (рис. 13.1) размером не более одного миллиметра. Самое удивительное — она с отверстием. Находку обнаружили после промывки земли с пола древнего жилища. Глядя на бусинку, не знаешь чему больше удивляться: мастерству труженика каменного века, жившего более 10 тыс. лет назад, или тщательной работе археолога, догадавшегося добыть размывкой столь миниатюрную вещь. Как было сделано это отверстие, можно только гадать. Не исключено, что миниатюрные отверстия могли быть сделаны торцом свиной или кабаньей щетины (рис. 13.2).

Находки миниатюрных бусинок — бисеринок имеются и в других странах. В Каирском музее хранится целая партия мельчайших бисеринок эпохи Среднего царства, сделанных из сердолика, лазурита и бирюзы. Диаметр бусинок не превышает 0,6–0,8 мм. Такими же находками знамениты археологические коллекции Индии и Месопатамии.

Изучение истории бурения — это путь к оценке возможных перспектив технологии бурения. Развитие технологии бурения подчинено движению по пути постепенных усовершенствований.

Исторические сведения о бурении очень полезны для будущих инженеров, которые получают представление о предмете в таком виде, в каком он находится в настоящее время. Как будто и прошлого нет, и нет исторической последовательности. Но это всё есть и есть свой интерес и гордость за прошлое, и наши знания в настоящем.

История бурения, применительно к далёкому прошлому — сверления, начинается с позднего палеолита, к периоду которого относят наиболее древние находки каменных женских бус и подвесок с отверстиями. К этому времени первобытный человек с достаточной мерой совершенства освоил процессы ударной обработки камня и его резания острым кремниевым лезвием. Сочетание приёма резания с одновременным вращением инструмента стало естественным продолжением известных операций и привело к освоению нового технологического приёма — сверлению, величайшему изобретению неолита.

Каменные материалы для древнего человека стали основой примитивных, но весьма необходимых орудий труда и предметов домашнего обихода: каменных топоров и мотыг, булав и бус, характерная и отличительная особенность которых — наличие сквозного отверстия в изделии.

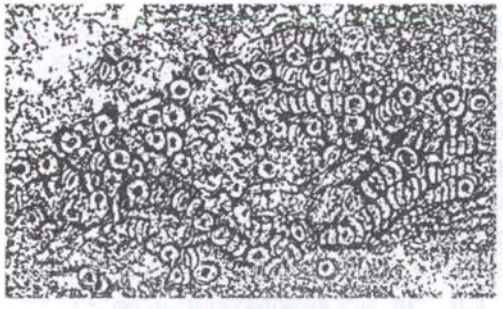


Рис. 13.1. Бусы из сибирских раскопок (из коллекции археологического музея Института истории, филологии и философии СО АН СССР)

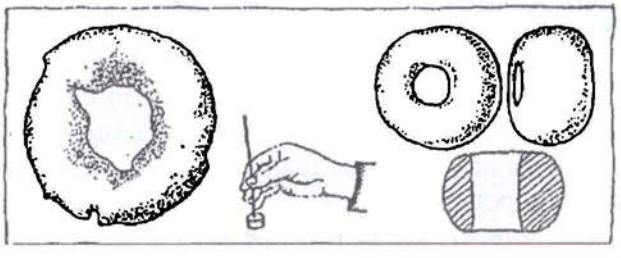


Рис. 13.2. Бусинка из Усть-Кяхты (сильное увеличение) и вероятный способ ее изготовления. Возраст бусинки почти 11 тыс. лет. Справа — бусы с просверленными отверстиями из коллекции Тюменского краеведческого музея

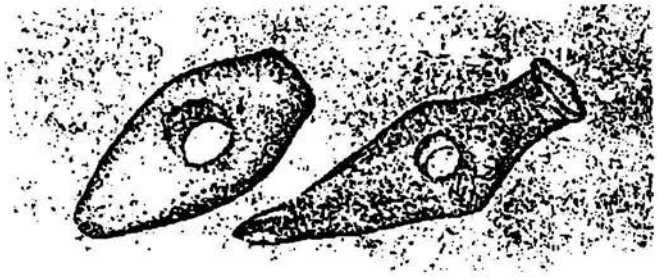


Рис. 13.3. Каменные сверленые топоры из коллекции Тюменского краеведческого музея. Находки И. Я. Словцова (конец XIX в.)

Получение такого отверстия в каменной заготовке будущего орудия можно считать началом истории столь необходимого для современного общества технологического процесса — бурения скважин, сопровождающего человечество на протяжении всего пути его развития.

Археологи давно обратили внимание на удивительное и очевидное сходство между приспособлениями для получения огня и бурения. Но что было первым? При сверлении заготовка нагревается, а если она деревянная, то возможно ее воспламенение. Можно поэтому считать, что сверление-бурение привело к открытию огня или они возникли одновременно.

Каменные предметы с просверленными отверстиями нередко готовились из весьма твердой горной породы. Настолько прочной, что многие исследователи всерьез доказывали возможность бурения в доисторические времена с помощью самого твердого в природе материала — алмаза. Достоверность такого предположения достаточно высока, чтобы стать предметом обсуждения, однако ни в одной из археологических экспедиций мира не было случая, когда рядом с каменными предметами домашнего обихода, в том числе с просверленными устройствами, были бы найдены осколки кристаллов алмазов или продукты их размельчения: порошок и пудра.

Как часто бывает, когда в споре не хватает главных аргументов, используют доводы, которые невозможно ни подтвердить, ни опровергнуть. Так, опираясь на современные представления о ценности алмаза и механически приписывая их древне-

му человеку, говорили, что алмазы и в ту давнюю эпоху служили символом власти и богатства. Они принадлежали какому-либо собственнику и тщательно охранялись и оберегались после окончания сверлильной работы.

Таким образом, наиболее сильный аргумент в пользу использования алмазов в древнем бурении связывался с отсутствием каких-либо находок драгоценного камня или даже косвенных на них указаний.

Нельзя отказывать древнему человеку в его способности изобретать. Но утверждение, что он знал обработку камня алмазом, не представляется вполне логичным, если отверстия можно было сделать более простыми средствами. Тогда обход трудностей при сверлении весьма твердых каменных заготовок перестанет оставаться загадочным.

Эксперименты показывают, что для сверления достаточно было иметь трубчатое сверло, порошкообразный кварц или наждак из корунда, немного воды и адское терпение: то немногое, чем вполне владели наши предки.

Не исключено, что для сверлильных работ древние мастера использовали правильные кристаллы кварца или горного хрусталя — чрезвычайно твердого природного материала. Так, в Калифорнии в одной из пещер были найдены несколько таких кристаллов с изношенными острыми углами на вершине рядом с осколками просверленной керамики.

Начало каменной коллекции Тюменского музея было положено в 70-х годах XIX столетия. Известный ученый-географ, археолог, историк, краевед и любитель естествознания Словцов Иван Яковлевич в своей статье, напечатанной в 1883 г., писал: «... питаю уверенность, что настоящее сообщение о каменных орудиях, найденных близ Тюмени, не будет безынтересным, как указание для изысканий и как материал для будущих выводов». Теперь, спустя полтора столетия, нельзя читать эти строки без благодарного волнения и уважения к трудам наших предшественников.

Кроме топоров (рис. 13.3) сверленый каменный инвентарь представлен в музее бусами, рыболовными грузилами, оселками и жерновами. Все они найдены в окрестностях Тюмени на юж-

ном берегу Андреевского озера. Возраст находок — 1–7 тыс. лет. Исходным материалом для них служили кремень, яшма, кварцит, плотный сланец. Один из топоров сделан из нефрита. Заготовка для нефритового топорища могла быть привезена только из Алтая. Следовательно, уже в те далёкие времена товарообмен происходил на значительных расстояниях, а связи между племенами были достаточно развиты.

13.3. РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ СВЕРЛЕНИЯ

Многочисленные находки археологов в мире показывают, что человек достаточно быстро переходил от простейших ручных буровых инструментов к более сложным схемам, прибегая к механическим или биологическим (животным) приводам. Это позволяло ему повысить скорость бурения и расширить диапазон решаемых задач от создания отверстий в украшениях и топорах до бурения шпуров и скважин все увеличивающейся глубины и диаметра.

Совершенствование техники сверления каменной заготовки прошло несколько этапов (рис. 13.4). Схематически или на готовых изделиях показаны простейшие древние инструменты и работа с ними. Среди них — проколки для получения отверстий в каменных или костяных заготовках. Прокалывание сопровождалось вращательными движениями руки в четверть или половину оборота. Такой прием уже можно считать сверлением, о чем свидетельствуют следы этой операции на торцах проколки в виде круговых линий в плоскости, перпендикулярной оси вращения.

Сначала роль сверла выполняла деревянная палка, на конце которой укреплялся заостренный камень. В Швейцарии в историческом музее г. Берна имеется топор, в искривленном отверстии которого сохранился защемленный деревянный обломок, вероятно, остаток сверла. Это одно из немногих в мире вещественных доказательств предположения современных археологов о материале древних инструментов.

В Европе, в пещере Лэ Ферраси в 1921 г. были обнаружены плиты из сравнительно мягкого известняка с высверленными чашеобразными углублениями правильной формы. Они могли быть получены только вращательным движением сверла с заостренным концом, снабженным более твердым, чем известняк, камнем. Этот пример убедительно свидетельствует о том, что древние люди интуитивно, опытным путем, достаточно ясно представляли себе сравнительную твердость и, выражаясь современным языком, буримость горных пород различного состава. Твердость породы учитывалась и при выборе материала для заготовок каменных топоров и молотов: диорита, серпентинита, разного рода сланцев, нефрита и других каменных заготовок, сравнительно твердых, но вязких и с малой хрупкостью.

Бурильщик каменного века четко представлял себе влияние слоистости горной породы: большинство отверстий в исследованных топорах направлено точно вкрест простирания слоев.

Это облегчало получение правильного неискривленного отверстия. Такой выбор направления сверления позволял избежать раскола каменной заготовки вдоль плоскости напластования в процессе изготовления отверстия.

Среди археологических находок камней с просверленными отверстиями особенно интересны орудия, по тем или иным причинам не завершенные до конца. Это позволяет проследить ход сверления и его технологические особенности.

Богатая коллекция каменных молотков с незавершенными сверлением отверстиями хранится в Женевском музее истории и искусств. Здесь и молотки с расколотыми поперек отверстиями — неудачная работа мастера, и молотки с почти готовым, но не оконченным отверстием. В середине отверстия остался каменный рудимент (керн) — свидетельство работы кольцевым, а не сплошным сверлом. Рядом на витрине любопытный набор сколотых кернов, имеющих слегка коническую форму, — материальное подтверждение сильного износа сверла, рабочей поверхности которого хватило только для работы над одним единственным отверстием. Поднятые со дна Женевского озера, образцы каменных изделий свидетельствуют о высокой технической культуре древнего человека, его умении использовать природный материал — камень — для нужд своего первобытного хозяйства.

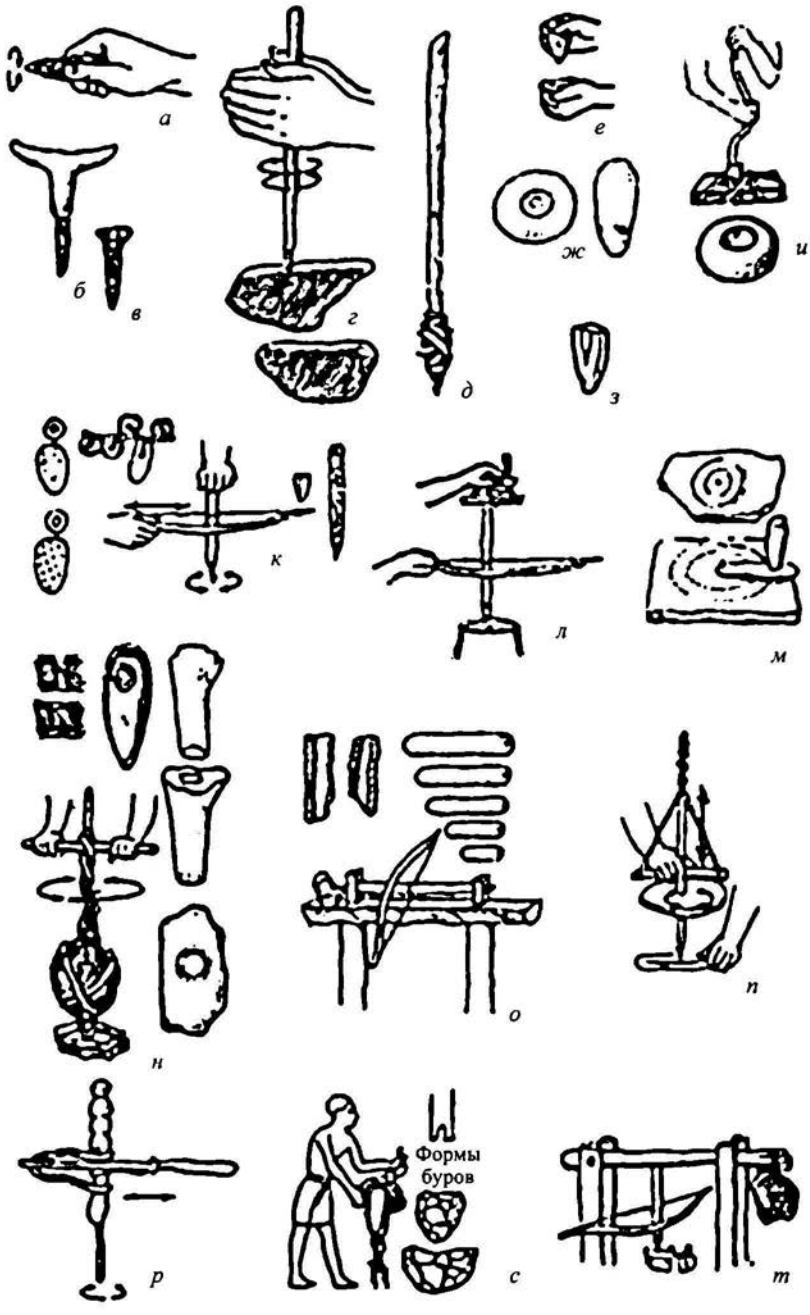

а
б
в
г
д
е
ж
з
и
к
л
м
н
о
п
р
Формы буров
с
т

Рис. 13.4. Развитие техники сверления (по В.Н. Семенову):
а — одноручное сверление (без рукоятки); *б, в* — сверло с рукоятками; *г* — двуручное сверление (сверло на стержне); *д* — сверло с о. Новой Гвинеи; *е* — пикетаж или пробивание отверстия в камне мелкими ударами; *ж* — развертывание отверстия; *з* — кремневая развёртка; *и* — сверление булавы коловоротом; *к* — изготовление лучковым сверлом раковинных бус и подвесок; *л* — лучковое приспособление к циркулярному станку для нарезки нефритовых височных колец; *м* — модель циркульного станка; *н* — трубчатое сверление с грузом на стержне (полый бур из трубчатой кости); *о* — станок для цилиндрического сверления каменных пронизок; *п* — дисковое сверло; *р* — лучковое сверло для цилиндрического сверления (Северная Азия); *с* — сверление каменных сосудов в древнем Египте; *т* — станок для цилиндрического сверления каменных топоров

По-видимому, однажды первобытный человек сверлил камень на берегу реки. На камень попали прибрежный песок и вода. Оказалось, что процесс образования отверстия ускоряется, если под торцом сверла находится песок и вода. Вот так, совершенно случайно, в сверлении твердых горных пород роль резцов была возложена на дисперсный абразивный материал (мелкий песок). Зерна песка стали своеобразным заменителем многочисленных мельчайших резцов, одновременное применение которых при других технологических приемах обработки камня стало бы просто невозможным. Включение в работу большого числа резцов при сверлении цилиндрическим трубчатым сверлом — одна из новинок неолита, позволивших улучшить обработку камня.

Итак, появился качественно новый способ сверления. Вода охлаждала сверло, связывала отдельные разрушенные частицы и облегчала их удаление.

К применению абразива в виде стальной или чугунной дроби при бурении человечество пришло много позже, в конце XIX века. Этот способ существует до настоящего времени, но редко используется. Так, в конце 20-х годов первые нефтяные скважины в Верхнечусовских городках на западном склоне Урала были пробурены с помощью дроби.

Как убеждает археологический опыт, существует множество аналогий конструкции древних и современных инструментов.

О производительности сверления древних мастеров можно судить по опытам, выполненным уже в наше время. Диоритовый

образец удавалось просверлить при средней скорости 1 мм за 2 ч. Отверстие в осколке кварца глубиной 4 см с помощью закругленной палки и абразивного песка было сделано за 100 ч. Полое деревянное сверло работало лучше, и времени понадобилось для такой же работы на треть меньше.

С веками процесс сверления совершенствовался, появились первые сверлильные снаряды с ручным приводом и отдельными элементами машины: передаточного механизма (рычага) и орудия (сверла) . Какими путями удалось этого достигнуть?

Сначала сверло вращалось ладонями рук, затем стал применяться ремешок, обвитый петлей вокруг сверла. Твердый наконечник к удлинителю (палке) обычно крепился размоченной в воде сыромятной кожей. Ленточный шнур обматывался вокруг палки, и после высыхания он очень прочно соединял сопряженные детали.

Ручной бур-сверло с ременным, веревочным или другим приводом, например из сухожилия, был широко распространен до тех пор, пока не был заменен коловоротом. Сначала за два конца веревки приходилось держаться двумя руками и двигать их попеременно в разные стороны. Это было неудобно. Тогда одна рука была освобождена за счет применения лука, концы которого стягивали веревку.

Ручной бур-дрель, по-видимому, изобрели одновременно в различных местах европейско-азиатского материка, в том числе в Северо-Восточной Сибири, в Северном Китае в конце четвертого тысячелетия до нашей эры.

Дальнейшее усложнение конструкции сверла было связано с установкой каменного или глиняного маховика. Непрерывное и равномерное сверление под действием инертной массы маховика — шаг, свидетельствующий о высокой наблюдательности древнего человека.

В эпоху неолита появились первые станочные приспособления. Они известны в различных вариантах. Для всех конструкций характерно одинаковое выполнение рабочей части, включающей лук, тетива которого обмотана вокруг стержня сверла. Движением лука или смычка из стороны в сторону достигалось быстрое и переменное по направлению вращение сверла.

13.4. БУРЕНИЕ — СВЕРЛЕНИЕ В ДРЕВНЕМ МИРЕ

Как было изложено выше, находки миниатюрных бусинок говорят о зарождении бурения-сверления в древней человеческой цивилизации в Риме, Элладе, Египте, Мексике, Китае и других цивилизациях. Известны документальные подтверждения бурения в этих регионах (рис. 13.5).

На этом рисунке изображён Вавилонский бог огня (известный под названием Огненный Стержень) и две зарисовки: либо добыча огня, либо сверление отверстия.

В обоих случаях технологические операции повторяют друг друга.

Простейшие виды бурения были известны в Северной Африке и на Ближнем Востоке.

Искусство бурения в древнем Египте наиболее ярко проявилось в изготовлении каменных кувшинов. Полость кувшина высверливалась специальным буром диаметром около 15 см. Судя по оставшемуся рудименту на дне кувшинов, бур был либо трубчатым, либо имел форму, напоминающую рыбий хвост. На внутренних стенках кувшинов остались следы вращательного движения инструмента. Конечно, изготовление кувшинов — ещё не бурение, но элементы его технологии здесь налицо. Сверло вращалось коловоротом. Подвески груза из двух мешков с песком создавали необходимое давление на сверло. Для рассверливания использовались сменные буры — полумесяцы из кремния. Они крепились в щели на конце стержня. Находки таких полумесяцев неоднократно отмечались археологами. В процессе расточки полость сосуда заполнялась водой для охлаждения и удаления продуктов разрушения породы.

Египтяне подарили миру необычные методы сверления: одновременное сверление трех отверстий. Свёрла разделены как пальцами левой руки работающего, так и тетивой лучкового бура. Верхние концы свёрл утолщены для увеличения нагрузки на рабочий торец.

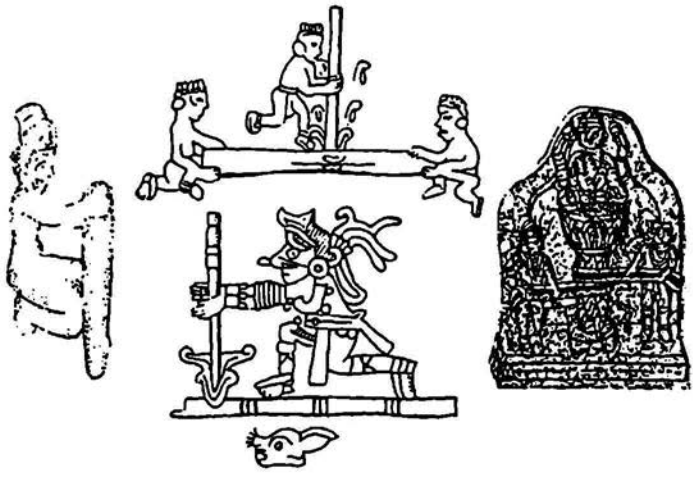


Рис. 13.5. Бурение — сверление в древнем мире: Вавилонский бог огня; две зарисовки из Мексики (музей Оксфордского университета); древнеиндийский бур

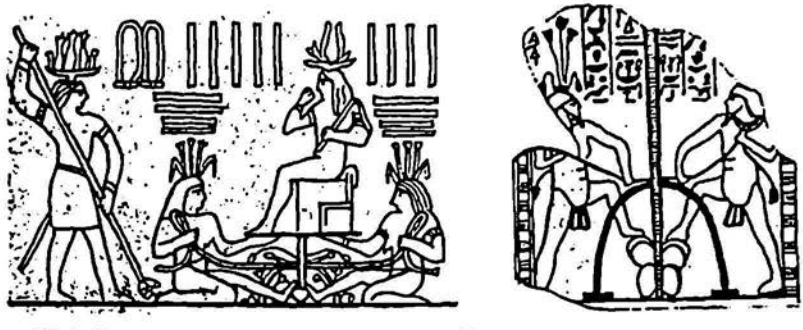


Рис. 13.6. Фрагменты древнегреческого бурения

Отдельные отверстия в каменных блоках имели размеры более 12 см в диаметре. Чтобы добиться такого результата, древний бурильщик должен был создать на инструмент усилие в несколько сотен килограммов. К счастью, имеется множество египетских рисунков, скопированных со стен доисторических сооружений и позволяющих восстановить технологию бурения. Так, в древнегреческих рисунках бур или сверло нередко изображается на таких предметах как оттоманка, тахта или трон (рис. 13.6).

Египтяне на протяжении всей доступной нашему обозрению истории своей страны были знакомы с бурением во многих его делах. Так или иначе они запечатлены на египетских монументах — своеобразных документах, свидетельствующих о высокой культуре Древнего Египта. Благодаря таким изображениям операции сверления и бурения многих сотен и тысяч лет стали достоянием всего народа.

Но совсем другое — почувствовать свою причастность или, по крайней мере, иллюзию причастности к истории и времени Марко Поло, прикоснувшись наяву к памятнику, сохраненному, несмотря на войны, которые много раз пережила многострадальная земля Югославии.

При изучении исторической литературы о Марко Поло, его времени и путешествиях выяснилось много интересного и неожиданного.

Дядя и отец Марко Поло купцы Маффео и Никколо Поло были сыновьями некоего Марко Поло, потомка старого далматинского рода, вышедшего из Шибеника. По-видимому, Никколо Поло назвал своего сына, будущего великого путешественника, в честь своего отца.

На острове Корчула в 1254 г. и родился будущий великий средневековый путешественник. Время для славянского острова было крайне неспокойное: Венеция вела трудную войну с Генуей, добиваясь господства на Адриатике. В 1256 г. венецианское войско разорило столицу острова, и Корчула стала объектом покровительства Венеции. Может быть, поэтому Марко Поло – уроженец славянской общины — в представлении последующих поколений остался венецианцем.

В семнадцатилетнем возрасте Марко Поло вместе с отцом отправился в Азию. Путешествие затянулось на четверть века, но за это время любознательный путешественник обошел почти весь азиатский континент, побывал в Китае и на территории теперешней Западной Сибири (Алтай, Барабинская степь). Все это упоминается в «Книге» Марко Поло. Там описаны границы Западно-Сибирской низменности, Полярный Урал и Ледовитый

океан. Сколько прошло веков, а «Книга» Марко Поло до сих пор служит людям, помогает исследователям.

Выяснение жизненного пути Марко Поло и знакомство с бесконечными каменистыми пейзажами адриатического побережья и берегов ближайших скалистых островов с редкой низкорослой и полузасохшей колючей растительностью позволило ответить на основной вопрос: почему Марко Поло проявил интерес к бурению скважин? Теперь на него можно ответить четко: Адриатическое побережье Югославии — Далмация, а тем более гористый остров Корчула, всегда были бедны пресной водой. Добывание ее представляло большую трудность и в недавние годы, а в начале средневековья тем более. Не случайно народный символ Далмации — это ослик с ведрами для воды, перекинутыми поперек седла. Для Марко Поло, с детских лет знакомого с ежедневной изнуряющей работой в поисках и доставкой воды, китайский способ подземной добычи питьевой воды из глубоких скважин не мог остаться незамеченным.

В своей «Книге» Марко Поло не однажды и с глубоким пристрастием описывает все месторождения соли и соляные источники, встретившиеся на его пути, и способы получения соли: выкачивание соляных растворов из глубоких колодцев (скважин?), искусственное приготовление растворов, их выпаривание и др. Так вот и оказалось имя знаменитого путешественника связанным с историей бурения.

Скважины в Китае бурились либо для добычи соляных растворов, либо (чаще всего) — на питьевую воду или воду для орошения полей. Других назначений скважин не было, когда горная кустарная промышленность едва зарождалась, а необходимые полезные ископаемые находились на поверхности земли или вблизи ее. Впрочем, иногда вместе с водой китайцы получали газ и даже нефть. По-видимому, они умели их использовать в своем хозяйстве, в частности, для освещения, обогрева жилища и выпаривания соли, для защиты крепостных стен от нападения кочевников: их обливали «горящим маслом».

Документальных свидетельств о технике бурения в Китае очень мало. Главные источники, которыми издавна пользуются историки, — это древняя китайская живопись, барельефы, мо-

нохромные рисунки на бумаге и цветные гобелены, панно и вышивки на шелке — весьма необычный и редкий вид исторического документа.

В провинции Сычуань, например, на древних кирпичах из ханьских могил, датируемых археологами I в. до н. э. — I в. н. э., сохранились рисунки, изображающие добычу рассола или рапы (рис. 13.7). Из скважины или колодца четверо работающих вручную с помощью ведер, веревки и блока на самой верхней части вышки поднимают рассол. Другие разносят его к печке для выпаривания соли. Вышка имеет значительную высоту, закрыта сверху крышей от непогоды и попадания воды в скважину. Для облегчения работы сооружено несколько полков. Судя по длине веревки, скважина достаточно глубока.

Рисункам на кирпичах древних могил в провинции Сычуань китайские археологи придают настолько большое историческое значение, что они изображены в серии китайских почтовых марок, выпущенных в 1955 г. Марки одни из первых в мире пропагандируют достижения древних в области бурения скважин.

Во многих музеях мира хранятся и пользуются всеобщим признанием китайские гобелены. Один из таких гобеленов находится в музее нефти г. Плоешти — румынского центра нефтяной промышленности. Старинный китайский гобелен с изображением древнего способа бурения скважин с помощью приспособлений из стволов бамбукового дерева настолько интересен, что коллекционирование подобных рисунков в необычной китайской манере живописи стало своеобразным хобби во все последующие годы. Рисунков накопилось немало, и каждый из них в той или иной мере открывал отдельные частные детали древнего бурения ударным способом. Постепенно складывалось довольно четкое представление о технике и технологии бурения скважин в те далёкие от нас века.

Вращение долота, столь обычное для нашего времени, не было характерным для китайского бурения: инструмент для разрушения породы углублялся за счет удара. Подвешивался он на канате. Много позднее такое бурение назвали ударно-канатным, оно существует и сейчас.

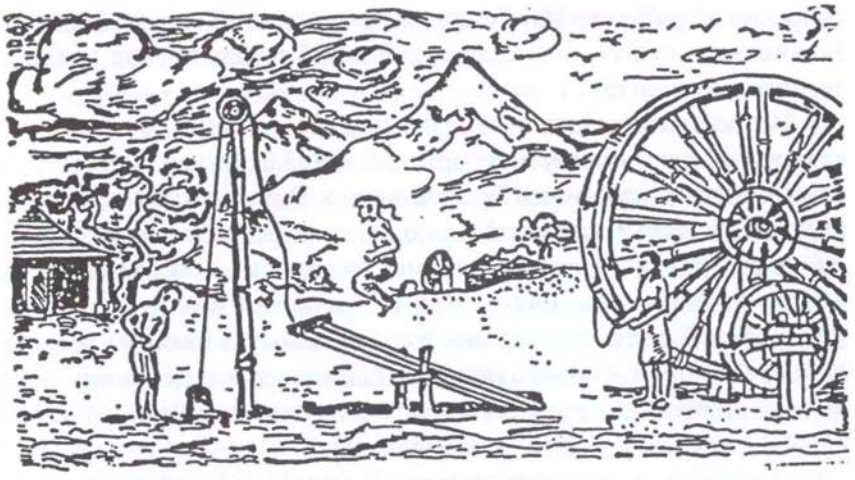


Рис. 13.7. Древнекитайский способ бурения

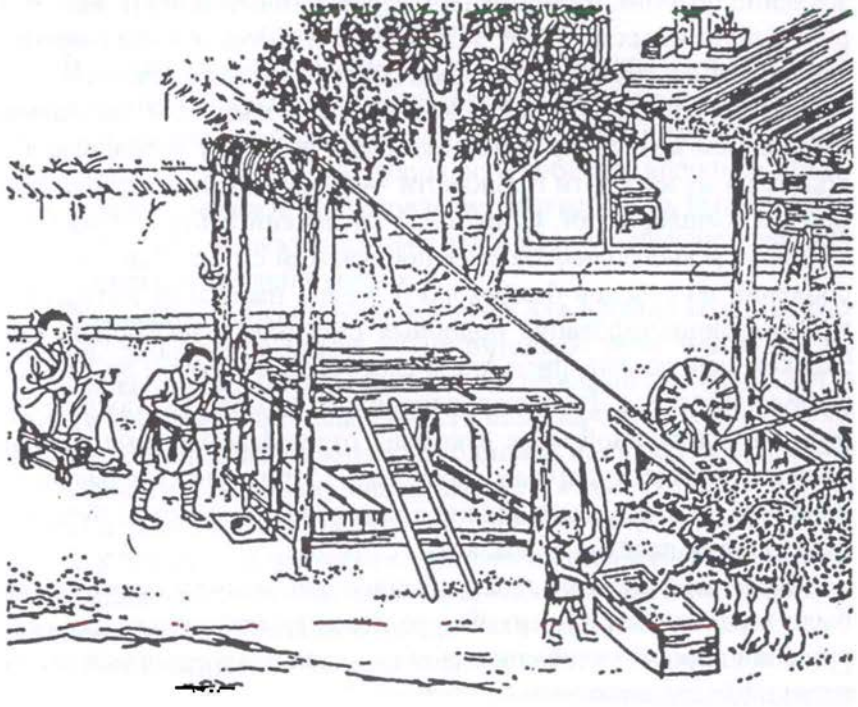


Рис. 13.8. Бурение с помощью усложненной установки

В наиболее ранних конструкциях (рис. 13.7) буровых установок ударный импульс на инструмент в скважине создавался упругим качанием балансира, одним концом зажатого в земле.

Качание достигалось прыжком рабочих с полка вышки на приподнятый свободный конец балансира подобно тому, как сейчас на цирковом манеже по такой же схеме гимнасты выполняют популярные номера.

Успехи ударно-канатного способа поначалу были настолько велики, что вращательное бурение, известное из далёкой древности, надолго было забыто. Возрождение его отмечается только во времена Леонардо да Винчи.

По Текленбургу (1900 г.) описание древнего китайского способа бурения сводилось к следующему: «китаец при бурении для самых разнообразных работ применяет бамбук: вышка, штанги, даже бур и ловильные инструменты — всё это он делает из бамбука. Двигателем китайцу служит осёл, которого загоняют по наклонной плоскости на вершину буровой вышки и заставляют спускаться по этой плоскости вниз. Балансир делается эластичным и приводится в качательное движение сидящим на нём человеком. В этой работе китаец проявляет феноменальное терпение».

Из текста видно: процесс древнего бурения отличался достаточной сложностью, а технология — четкой отработанностью. Для аварийных случаев были созданы многочисленные конструкции различных вспомогательных инструментов.

Поразительны объёмы буровых работ. Так, до 1700 г. было сооружено более 10 000 скважин, а к началу XIX в. число их было удвоено. Максимальная глубина скважин к 1200 г. н. э. превышала 600 м, а отдельные скважины достигали глубины 1200—1242 м.

На рис. 13.8 показана буровая установка для бурения соляных скважин в районе Су-Чана и Чун-Кинга. Это устройство предназначено для начальной стадии бурения, когда мощная буровая вышка ещё не нужна. Буровой канат изготовлялся из тонких полосок бамбуковой коры, связанных петлями из того же материала. Один конец каната поддерживает долото над скважиной, другой его конец идет к буровому решетчатому барабану через

вспомогательный направляющий шкив. Барабан посажен на вертикальный вал и поворачивается буйволом, который ходит по круговой дорожке, опираясь на горизонтальный рычаг.

Общее представление о буровой установке того времени даёт рис. 13.9. На этом рисунке необычно изображение людей. Их фигуры напряжены и подчинены единому, объединяющему всю группу, трудовому ритму. Одни рабочие несут бамбуковую трубу, другие готовят инструмент, третьи поддерживают на весу тяжелую снасть. А рядом, справа, — фигура надсмотрщика или хозяина. Рабочее место ограждено высокой стеной от посторонних глаз. Секреты технологии в те годы берегли не хуже, чем сейчас.

Со временем китайская техника бурения совершенствовалась, появились более сложные установки. Интересен тот факт, что при сборке вышек ни гвозди, ни болты или штыри не использовались. В ход шли верёвки, бамбуковые клинья, верёвочные узлы и стяжки.

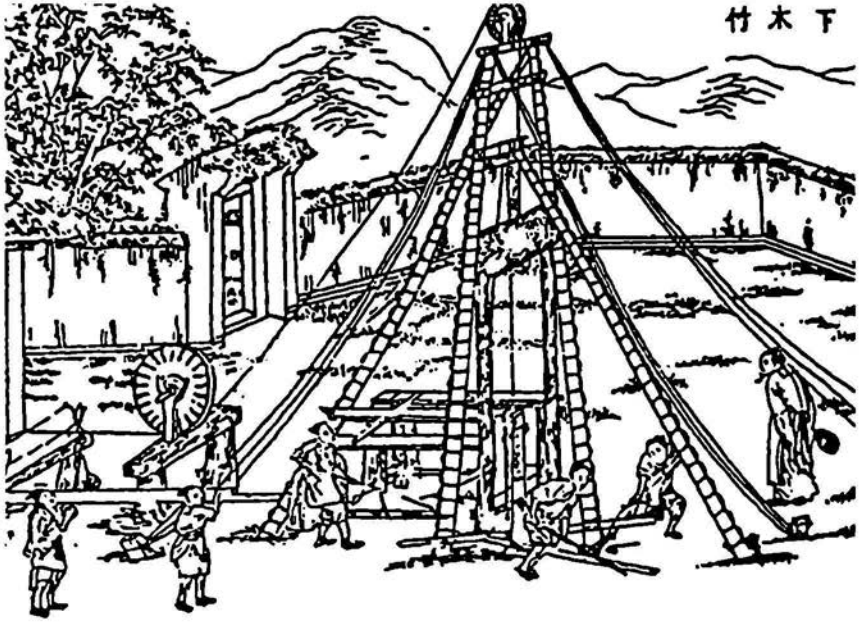


Рис. 13.9. Китайское бурение в средние века

До сих пор в провинции Сычуань сохранились бамбуковые буровые вышки высотой до 100 м. Как сообщают записи Старинной китайской книги, относящиеся к 1521 г., самые древние скважины-долгожители действовали почти два столетия.

Изобретательность древних китайских инженеров была настолько велика, что их буровые устройства во все времена больше нигде в мире не только не были повторены, но и не имели каких-либо общих черт или аналогов.

13.5. БУРЕНИЕ В ЯПОНИИ, ГРЕЦИИ, ИНДИИ

В этих странах тоже велись древние записи о бурении-сверлении. Так, в национальном музее США большой интерес вызывает зарисовка устройства, весьма напоминающего сверло



Рис. 13.10. Элементы древнегреческого бурения



Рис. 13.11. Древнегреческое изображение мастера, работающего со сверлом (Британский музей)

для получения больших отверстий (см. рис. 13.6). Массивная вертикальная стойка утяжелена сверху фигурой индийского бога. Стержень вращается ремнём, обвитым вокруг стойки.

В одном из стихотворных древнеиндийских переводов операция сверления описывается в следующих поэтических строках:

«Пусть гора Мандара будет колотушкой, а вазуки-змея — станет вместо верёвки, я позабочусь, чтобы твои противники разделили твой тяжелый труд, но не принимай вознаграждения ...».

Под колотушкой подразумевается вертикальный стержень с утолщением (утяжелителем) на верхнем конце.

Изображение индийского бура почти в точности повторяет древнеегипетские буровые устройства (см. рис. 13.6 и 13.10).

Лучковые свёрла были широко известны в Греции. На одной из древнегреческих ваз сохранилось чёткое изображение мастера, работающего с лучковым сверлом (рис. 13.11). О распространённости сверлильного инструмента во времена Римской империи свидетельствует искусно выполненный барельеф, на котором среди других орудий изображен лучковый бур-сверло.

13.6. У ИСТОКОВ БУРЕНИЯ В РОССИИ

В Алтае в эпоху бронзы (2 тыс. лет до н.э.) в пещере урочища Ачик Улаганского района найден молот со сверленым отверстием, булава со сквозным и не доведенным до конца отверстием, бусы. Эти находки в настоящее время размещены в музее с. Чибит Горно-Алтайской автономной области, отверстие сделано вполне уверенной рукой и, вероятно, с помощью станочного приспособления и устройства для центровки сверла.

Бурение первых скважин на Руси связано с добычей рассолов, из которых выпаривалась соль. Соляные промыслы существовали близ Костромы уже в XII веке. Рассол извлекался на поверхность первое время через колодцы, а затем через буровые скважины. На соляных промыслах Соликамска, основанных в начале XVI века братьями Калинниковыми, для извлечения рассола на поверхность пользовались буровыми скважинами.

Первая скважина пробурена на Урале ещё в допетровские времена.

Начало промышленного и разведочного бурения скважин на Урале и в Западной Сибири уходит своими корнями в далекое прошлое, вторую половину XVII в. Если же принять во внимание попытки человека использовать ротационный принцип сверления природного камня для изготовления предметов домашнего обихода, то истоки бурения уходят в глубь веков, вплоть до неолита. Сверло, или примитивный бур, было известно человеку с незапамятных времен, и на территории Сибири находки просверленных предметов давно известны.

Каменными изделиями со «сверлиной», как говорят археологи, богаты экспозиции уральских и сибирских краеведческих музеев Екатеринбурга, Новосибирска, Омска, Тюмени и других городов. Многочисленные находки сверленых молотов и топоров имеются в Тюменской области, на Алтае, в верховьях реки Оби.

Собранию древних орудий посвящён один из стендов Тюменского краеведческого музея (каменные топоры времён неолита и ранней бронзы). Шлифованная поверхность стенок

сквозного отверстия для рукоятки — свидетельство о высоком уровне технологии отделки топоров.

В России попытки буровых работ с помощью щупа-бурава, или «земляного бура», для разведки нефти предпринимались в Тамани еще с 1835 г. Организацией бурения занималось Черноморское войсковое начальство. Бурав вдавливался в землю и затем вынимался. Для облегчения погружения на большую глубину в скважину доливали воду. Появление в отверстии признаков нефти использовалось для оценки перспективности Таманских месторождений.

Почти одновременно с В.Н. Семеновым предложение о необходимости разведки нефти бурением в 1846 г. выдвинул смотритель сураханских и балаханских нефтяных колодцев и чиновник особых поручений Каспийской казенной палаты Г. Юндшил. Архивные материалы, хранящиеся в историческом архиве Азербайджана и в Центральном государственном историческом архиве в Петербурге, свидетельствуют, что Юндшил «открыл работы буром для отыскания нефтяных источников» на берегу моря в районе Биби-Эйбата. В рапорте от 19 ноября 1846 г. Юндшил отмечает: «Буровые работы в урочище Байбате для отыскания как источников нефти, так и каменного угля начаты мною в январе месяце сего года и продолжаются по сие время».

Бурение велось вблизи существующих нефтяных колодцев, принадлежащих братьям Селимхановым. Опасаясь снижения притока нефти к колодцам, Селимхановы чинили всевозможные препятствия бурению скважины. Г. Юндшил в рапорте своему начальству опровергал жалобы предпринимателей, считая их «несправедливыми и неосновательными».

По всей вероятности, скважина, пробуренная Г. Юндшилом, была разведочной и не предназначалась для извлечения нефти. Первые достоверные сведения о скважинной добыче в Баку на том же Биби-Эйбате связаны с проектом Василия Николаевича Семенова, получившего необходимые консультации у известного горного специалиста, сына врача уральских горных заводов, Николая Ивановича Воскобойникова.

В.Н. Семёнов был весьма незаурядным человеком. Он окончил Царскосельский лицей почти вместе с А.С. Пушкиным, был в приятельских с ним отношениях.

В рапорте от 22 декабря 1844 г. на имя генерала А.И. Нейгарта Семенов писал о необходимости «...углубления посредством бура некоторых колодцев... И произведения вновь разведки на нефть также посредством бура между балаханскими, байбатскими и кабристанскими колодцами». В.Н. Семенов скончался на шестьдесят втором году жизни в Женеве, куда он, будучи тайным советником и членом Совета военно-учебных заведений, выехал для лечения.

Н.И. Воскобойников вместе с В.Н. Семеновым, заслуженно делит славу первооткрывателя бурения скважин для извлечения нефти — достижения мирового класса, прославившего русскую науку и технику. Н.И. Воскобойников окончил с золотой медалью в 1823 г. Петербургский Горный кадетский корпус, получил звание практиканта и уехал по назначению в Тифлис. В составе Грузинской горной экспедиции занимался изучением природы нефтепроявлений, техники и экономики бакинских промыслов, а также геологии северной Персии. Итогом его исследований стала серия блестящих статей в «Горном журнале».

Донесение В.Н. Семенова, составленное в конце 1844 г., лежало в правительственных учреждениях почти два года. Только в 1846 г. министерство финансов выделило на бурение средства в сумме одной тысячи рублей. Сооружение вышки и бурового устройства были поручены директору Бакинских нефтяных промыслов майору корпуса горных инженеров Алексееву в районе Биби-Эйбата.

Документальное подтверждение об окончании бурения первой в мире нефтяной скважины имеется в докладной графа Воронцова от 14 июля 1848 г. « Я разрешил произвести новые разведки на нефть в Бакинском уезде, на берегу Каспийского моря в урочище Бей-Бат посредством земляных буров».

Точное месторасположение первой нефтяной скважины удалось найти благодаря карте Биби-Эйбата, составленной в 1870 г. землемером Авиловым. К тому времени скважина всё ещё исправно работала и давала нефть.

13.7. БУРЕНИЕ В НАШИ ДНИ

Бурение — процесс сооружения в земной коре выработки цилиндрического сечения. Этот процесс заключается в последовательном разрушении горных пород на забое скважины и извлечении их на поверхность. Основным назначением бурения является вскрытие залежи полезного ископаемого, а также получение шпуров для закладки взрывчатых веществ при буровзрывных работах.

Бурение в настоящее время получило широкое распространение в народном хозяйстве. Оно применяется:

а) в инженерно-геологических и мелиоративных работах, т.к. с помощью бурения могут быть извлечены для изучения образцы пород на участках, где возводятся промышленные, гидротехнические, бытовые и иные капитальные сооружения;

б) в разведке и поисках рудных и нерудных, жидких и газообразных полезных ископаемых и рассолов;

в) в горном деле для вентиляции, водоотлива, дегазации, канализации, прокладки трубопроводов и электрических кабелей;

г) в целях механизации ряда сложных и трудоёмких процессов по проходке шахт;

д) для взрывных работ при открытой и подземной разработке полезных ископаемых.

Все виды описанных буровых работ могут производиться буровыми станками, приводимыми в действие с помощью электрических, дизельных и пневматических машин-двигателей.

По характеру разрушения породы различают такие виды бурения: ударный, вращательный и ударно-вращательный. Кроме того, можно производить бурение гидравлической струёй под большим давлением, периодическими взрывами направленных торпед, огневым или электрическим воздействием на породу.

При ударном бурении разрушение породы осуществляется ударами по забою бурового снаряда (состоящего из долота с расширителем, ударной штанги, каната).

При вращательном бурении разрушение породы на забое производится путём скалывания, дробления и истирания её вращающимся инструментом (лопастными долотами, шарошеч-

ными долотами, алмазными коронками или дробью). По методу передачи мощности долоту на забое вращательное бурение разделяется:

а) на роторное, при котором двигатель, установленный на поверхности, приводит во вращение долото на забое через систему спущенных в скважину бурильных труб;

б) с забойными двигателями (турбобур, электробур).

Начиная с 60-х гг. XX века научно-технический прогресс в области бурения на карьерах СССР базировался в основном на создании мощных высокопроизводительных станков вращательного действия и шарошечных долот, которые раньше использовались лишь для бурения скважин на нефть и газ.

В настоящее время шарошечное бурение стало основным, составляя более 80 % общего объёма буровых работ на карьерах. Для открытых работ выпускаются следующие типы буровых станков:

- с долотами режущего типа (шнековые);
- шарошечные;
- ударно-вращательные (с погружными пневмоударниками);
- ударно-канатного бурения.

К шарошечным буровым станкам относятся следующие марки: СБШ-160, СБШ-200, СБШ-250, СБШ-320. К станкам с долотами режущего типа (шнековые) — СБР-125, СБР-160. К ударно-вращательным (с погружными молотками) — СБУ-125, СБУ-160. К ударно-канатным — СБК-320.

Станок вращательного шнекового бурения марки СБР-160 (рис. 13.12) на гусеничном ходу предназначен для бурения коронками резания вертикальных и наклонных скважин глубиной до 25 м, диаметром 120–160 мм в породах ниже средней крепости. На рисунке показана рама, на которой смонтировано всё оборудование: вертикальные стойки, мачта, вращатель. Станок снабжен двумя установочными домкратами.

Станок шарошечного бурения марки СБШ-250МН (рис. 13.13) является наиболее распространённым и отличается многообразием конструктивного исполнения. Смонтирован на гусеничном ходу, мачта, представляющая собой сварную пространст-

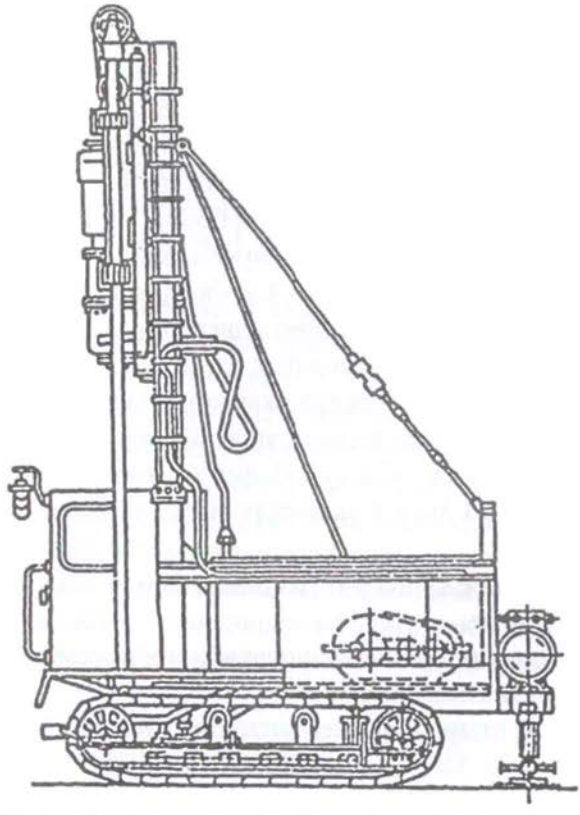


Рис. 13.12. Станок вращательного шнекового бурения на гусеничной тележке СБР-160

венную ферму, подвешена на специальных опорах; в ней размещаются вращатель с буровым снарядом, сепаратор, механизм подачи. Наклон мачты осуществляется двумя гидроцилиндрами. В машинном отделении находятся компрессоры, подающие сжатый воздух для продувки скважин. Управление станком производится из кабины машиниста как через основной пульт управления, так и при помощи выносного вспомогательного пульта.

Станки этих марок широкое распространение получили в области бурения различных пород при открытой разработке полезных ископаемых.

КОМПАНИЯ «АТЛАС КОПКО»

Atlas Copco

Международная, всемирно известная компания Atlas Copco («Атлас Копко») имеет богатую историю, насчитывающую уже более 135 лет. Инициатива организации компании принадлежала 36-летнему шведскому инженеру Эдуарду Френкелю, ставшему первым управляющим директором компании. Первый устав АВ Atlas, датированный 21 февраля 1873 г., провозглашал целью деятельности компании производство и продажу различных материалов, предназначенных для строительства и эксплуатации железных дорог, а также организацию всех требующихся для этого производственных объектов.



Эдуард Френкель

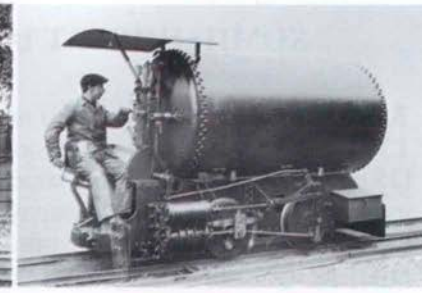
На территории Стокгольма был куплен большой участок земли, на котором началось строительство крупного завода. В промышленных отчетах того времени завод компании АВ Atlas получил положительную оценку как производственный объект с просторными площадями, оснащенный новейшим технологическим оборудованием. Помимо железнодорожного оборудования АВ Atlas выпускала паровые двигатели и жесткие стальные конструкции для мостов, зданий и шпилей церквей. В 1875 г. оборот компании вырос до 4 млн шведских крон, а количество сотрудников составляло 780 человек. По шведским меркам, компания вела крупномасштабную деятельность.



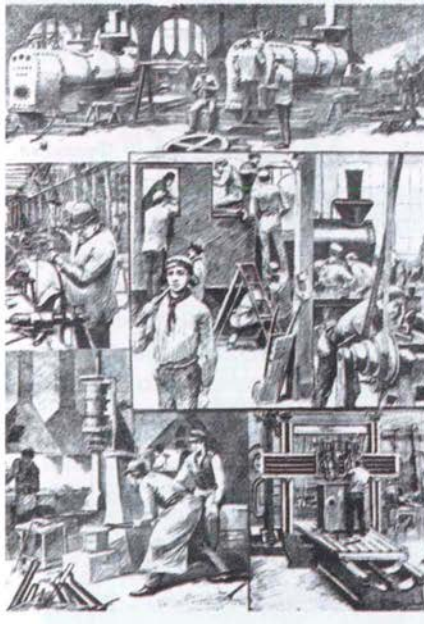
Цеха старого завода компании Atlas в Стокгольме



Паровой локомотив «Ласточка» (Swallow), 1880 г.



Локомотив Atlas с пневмоприводом, 1915 г.



Журналистские зарисовки на заводе AB Atlas, 1888 г.

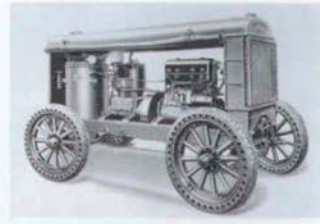
За первоначально прибыльной деятельностью последовали годы финансовых неурядиц, обусловленных сокращением заказов на железнодорожное оборудование, и компании пришлось подвергнуться реорганизации. В 1890 г. компания Atlas была ликвидирована, однако тут же возобновила свою деятельность под новым именем Nya AB Atlas («Новая компания Атлас»). Эта компания начала освоение новой перспективной сферы: выпуск оборудования для производства сжатого воздуха и компрессоров. Фактически интерес и необходимость специализации в этой области возникли из собственной потребности компании в хорошем пневматическом оборудовании и инструментах. В рамках производственных линий компании важнейшие функции выполняли пневматические клепальные и чеканочные молоты, поэтому проблема наличия запасных частей и узлов для этого оборудования стала актуальной.



Поршневой компрессор начала XX века

Высококвалифицированные специалисты компании, занимающиеся разработкой новой продук-

ции, получили задание изготовить копии использующегося пневматического оборудования, не имея проектно-конструкторской документации. В итоге благодаря тесному взаимодействию между пользователями, разработчиками и специалистами по металлообработке оборудование было значительно усовершенствовано. Повсюду заговорили о высокой эффективности и надежности такого оборудования, что привело к возникновению спроса на него со стороны других крупных шведских производителей.



Передвижная компрессорная установка MK-23V



Компрессор WK 5

Начиная с 1901 г. пневматические клепальные молоты и бурильные машины были официально запущены в серийное производство на технологических линиях компании Atlas. В 1904 г. началось производство поршневых компрессоров. В 1905 г. в серийное производство было введено первое пневматическое бурильное оборудование, а в 1910 г. — пневматические рубильный и клепальный молоты прогрессивной конструкции и двигатель нового типа.

Компания AB Diesels Motorer

Для приобретения права на производство в Швеции двигателя Рудольфа Дизеля в 1898 г. была создана новая компания — AB Diesels Motorer, опытные инженеры которой постепенно совершенствовали первоначально запатентованную конструкцию. В 1906 г. молодой инженер Йонас Хессельман выдвинул рационализаторское предложение, открывшее доступ на рынок больших судовых дизельных двигателей, — реверсивный механизм. С 1910 г. все двигатели компании стали серийно оснащаться подобным механизмом.

Большой шаг вперед AB Diesels Motorer сделала в 1912 г. отчасти благодаря событию, в котором сама компания участвовала лишь косвенным образом. Годом ранее норвежский путешественник Роальд Амундсен достиг ледяного барьера около Южного полюса. Его шхуна «Фрам» была оснащена судовым двигателем в 180 л.с., который прекрасно работал в тяжелых условиях. На обратном пути Амундсен отправил в компанию AB Diesels Motorer телеграмму следующего содержания: «Двигатель Diesel превосходен!». Такая высокая оценка



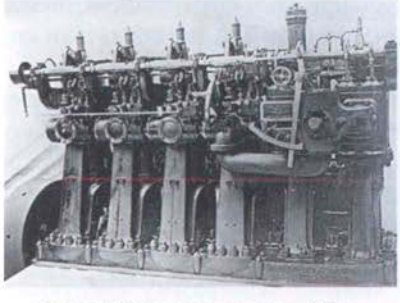
Сотрудники компании AB Diesels Motorer, г. Стокгольм, Швеция, 1903 г.

подала компании Diesels Motorer идею выпускать все свои двигатели под маркой «Polar» («Полярный»).



Шхуна «Фрам»

В 1917 г. произошло слияние компаний AB Atlas и AB Diesel Motorer и образование AB Atlas Diesel. В этом же году было прекращено производство паровых локомотивов. Объединенная компания работала в условиях устойчивого спроса на выпускаемую продукцию вплоть до наступления Великой депрессии 1920-х годов.



Судовой двигатель марки «Polar»

Несмотря на то, что основным направлением деятельности компании AB Atlas Diesel оставались дизельные двигатели, наибольшего успеха компания добилась в сфере производства оборудования для работы с использованием сжатого воздуха. Тесное сотрудничество с клиентами в процессе разработки такого оборудования способствовало появлению ряда принципиально новых конструкторских решений.



Ручной перфоратор Atlas



Ремонтные работы на улицах Лондона, Англия

В 1910 г. инженер компании Густаф Андерссон разработал пневматический рубильный и клепальный молоты новой конструкции и двигатель с золотниковым клапаном. В 1930 г. он же создал инструмент, имевший немаловажное значение — легкую пневматическую бурильную машину семейства RH, которая впоследствии стала одним из элементов «шведского метода». Следует выделить и создателей другого примечательного оборудования — Давида Рооса, разработавшего в 1930 г. компрессор с легким лопастным двигателем, который отличался малой массой и беспрецедентной эффективностью, а также Германа Пика и Джона Мунка, создавших в 1933 г. передвижной компрессор с прямым впрыском.

В 1936 г. компания Atlas Diesel представила ручной пневматический перфоратор небольшой массы, высокой мощности и большой производительности. Перфоратор был оснащен пневмостойкой с автоматической подачей молотка, благодаря которой была значительно усовершенствована технология бурения.

«Шведский метод»

После Второй мировой войны компания Atlas снова заработала в направлении увеличения объемов экспорта. В послевоенной Европе между производителями существовала жесткая конкуренция, цены на буровое оборудование были низкими. Вальтер Ветье, занимавший в то время пост Генерального директора компании, выдвинул идею о необходимости предложения клиентам нечто большего, чем просто бурильное оборудование. Компания Atlas предста-



Вальтер Ветье



«Шведский метод», 1946 г.

вила так называемый «Шведский метод» — современную технологию бурения, отличавшуюся от традиционной использованием более легкого оборудования. «Шведский метод» объединял перфоратор малой массы с пневмостойкой и буровые сверла с наконечниками из карбидов вольфрама.

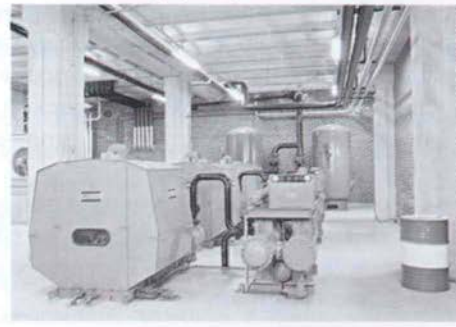
Специально обученные буровые мастера и инженеры выезжали на объекты клиентов в различные страны мира, чтобы продемонстрировать новую технологию в действии. Метод, позволявший одному человеку управлять буровой машиной, был признан во всем мире самым эффективным в технологии бурения, а весомые преимущества над конкурирующими технологиями открыли компании Atlas мировые рынки. Руководство компании приняло решение о немедленной организации более 20 торговых представительств. Эта стратегия принесла свои плоды. Во второй половине 40-х годов прошлого века объемы продаж оборудования выросли в десять раз, а в 50-е годы — еще в пять раз.

Производство дизельных двигателей постепенно утратило свое значение. На момент окончательной его продажи в 1948 г. общее число выпускаемых двигателей составило 5447. Компания Atlas Diesel полностью переключилась на производство компрессорного оборудования. В 1956 г. это нашло отражение в изменении названия фирмы на Atlas Copco, где «Copco» означает Compagnie Pneumatique Commerciale — название, заимствованное у бельгийской дочерней компании.

В начале 50-х годов Atlas Copco взяла принципиальный курс на развитие компрессорных технологий. Он заключался не только в усовершенствовании существующих технологий в сотрудничестве с клиентами, но и предполагал стремительное продвижение в направлении создания абсолютно новой технологии.

Важное изобретение того периода — винтовой компрессор, авторами которого в 1955 г. стали Патрик Даниэлссон и Алф Лисхолм. В 1958 г. был создан безмасляный воздушный винтовой компрессор, а в 1967 г. компания Atlas Copco представила портативный безмасляный

винтовой компрессор. Эта новаторская технология сформировала базу для создания серии стационарных компрессоров с электроприводом, обеспечивающих близкий к нулевому уровень вибрации, поэтому их установка на объекте клиента характеризовалась низким уровнем сопутствующих затрат. Благодаря внедрению безмасляной технологии компании Atlas Copco удалось еще больше расширить рынки сбыта за счет работы с представителями текстильной, пищевой и фармацевтической промышленности.



Бесмасляный воздушный компрессор



Эргономичная пневмодрель

Параллельно со стремительным развитием сектора компрессорного оборудования шли работы по механизации сектора по выпуску горно-добывающих и строительных машин. Прилагались усилия по развитию и расширению ассортимента ручных инструментов для обрабатывающей промышленности. В 60-е годы в сотрудничестве со специалистами-медиками конструкция оборудования Atlas Copco была существенно улучшена с точки зрения критериев эргономичности. Инвестиции в научные исследования и разработки обеспечили коммерческий успех. В условиях стремительного расширения бизнеса управление компанией становилось все сложнее, и в 1968 г. произошла ее масштабная реорганизация. Были выделены три сферы деятельности:

- ***Mining and Construction Technique*** (горно-шахтное и строительное оборудование) — разработка, изготовление, маркетинг и продажа буровых инструментов, подземных буровых установок для прокладывания тоннелей и ведения горных работ, наземных буровых установок, погрузочного оборудования, строительных инструментов.
- ***Airpower*** (компрессоры и электростанции) — стационарные и передвижные воздушные компрессоры Atlas Copco хорошо известны своей исключительной надежностью, минимальным энергопотреблением и простотой эксплуатации. Дизель-генераторы мощностью от 10 до 800 кВт способны работать как в режиме основного источника электроэнергии, так и в качестве аварийного резервирования городских сетей.

- ***Tools*** (промышленный инструмент и сборочные системы) — разработка, производство и продажа высококачественного промышленного инструмента и сборочных систем для предприятий автомобильной и аэрокосмической отраслей промышленности, а также общепромышленных производственных предприятий и автосервисов.

Сегодня штат сотрудников концерна Atlas Copco насчитывает свыше 33 тыс. человек, занятых на 68 производственных объектах более чем в 20 странах мира. Торговая и сервисная сеть концерна охватывает более 160 стран.

«Атлас Копко» в России

На российском рынке продукция компании появилась в начале прошлого века, а уже в 1914 г. в Москве было открыто представительство фирмы «Атлас Дизель». К 1917 г. в России работало более 200 компрессоров фирмы Atlas. С 1950 по 1990 г. через компанию Atlas Copco International осуществлялись поставки техники для строительства БАМ, ВАЗ и для ГМК «Норильский никель». В 1993 г. компанией Atlas Copco AB было создано российское представительство с центральным офисом в Москве, преобразованное в 1997 г. в ЗАО «Атлас Копко».

В настоящее время в Российском представительстве компании трудятся более 500 человек. Развитая сеть филиалов компании охватывает множество городов России: Апатиты, Вологда, Екатеринбург, Заполярный, Иркутск, Казань, Кемерово, Красноярск, Магадан, Нижний Новгород, Новосибирск, Норильск, Пермь, Ростов-на-Дону, Салехард, Санкт-Петербург, Тольятти, Уфа, Хабаровск, Челябинск, Чита и др. Основной вид деятельности компании — продвижение оборудования Atlas Copco и оказание сервисных услуг. Являясь в России лидером среди поставщиков импортного компрессорного и горно-шахтного оборудования, компания осуществляет свою деятельность полностью в соответствии с законами РФ, надежно защищает права своих сотрудников и предоставляет им широкие возможности для обучения и карьерного роста как в России, так и в зарубежных офисах компании.



Модель компрессора Atlas Diesel, поставлявшаяся в Россию с 1914 по 1918 г.

«Быть первой, о ком вспоминают, и первой, кого выбирают» (First in mind — first in choice)

Компрессоры Atlas Copco применяют в различных областях, начиная с пищевой промышленности и заканчивая учреждениями здравоохранения. Они питают пневматическое оборудование (которое во многих случаях также произведено компанией Atlas Copco), используемое при ведении строительных работ, сносе и разборке зданий. Буровая техника Atlas Copco работает как на поверхности земли, так и под землей, помогая в буквальном смысле двигать горы, прокладывать тоннели для автомагистралей и железных дорог; добывать золото, алмазы, полезные ископаемые; бурить скважины на нефть, газ и воду. Инструменты и сборочные системы Atlas Copco широко применяют во всем мире при производстве автомобилей, сборке самолетов и бытовой техники.

Любая страна, в которой работает Atlas Copco, имеет свою собственную культуру и свой неповторимый взгляд на мир, несмотря на это, компания находит возможность работать с одинаковой эффективностью по всему земному шару.

Настоящий экстремал

В документальном фильме «Экстремальные машины», показанном на канале «Дискавери» (Discovery), одну из главных ролей заслуженно отвели буровому комплексу для торцевого бурения Boomer WL4, изготовленному компанией Atlas Copco. Этой буровой установке длиной 20 м, шириной — 2,7 м и массой 42 т нипочем даже самые твердые породы в мире. Она снабжена четырьмя стрелами, на каждой из которых установлено по шарошечному долоту, что позволяет бурить одновременно четыре шпура. Установка начинает работу непосредственно после того, как компьютер точно рассчитал место бурения шпуров.

После завершения бурения в шпуры помещается заряд взрывчатки, соединенный с детонатором. Как только оператор убедится в отсутствии людей в рабочей зоне, детонатор приводится в действие. Если все идет по плану, в результате взрыва образуется тоннель правильной формы.



Rocket Boomer WL4

Информация для специалистов

Установка Boomer WL4 применяется при прокладке тоннелей для новых скоростных железнодорожных линий в различных странах мира. Она оборудована современным гидравлическим шарошечным долотом 30kW COP 3038, которое также разработано и произведено компанией Atlas Copco. Конструкция этого инструмента была отмечена рядом международных призов и премий.

Буровой комплекс — новое слово в деле повышения производительности и экономичности, а благодаря применению современной буровой системы с компьютерным управлением оператор может одновременно контролировать все четыре стрелы буровой установки. Этот буровой комплекс открывает собой новый этап в развитии малозатратного бурения.

Долгожданная встреча под землей

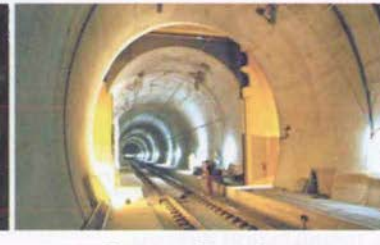
В июне 2007 г. в Швейцарии был открыт железнодорожный и автотранспортный тоннель «Лотшберг», длина которого составляет 34,6 км. Тоннель занял третье место в мире по протяженности, он проведен через Альпы и связывает швейцарские кантоны Берн и Вале (Валлис).

Строительство тоннеля началось одновременно с северного и южного склонов горы. Две бригады осуществляли проходку сквозь твёрдый известняк круглосуточно в течение одиннадцати лет! Средняя скорость проходки составляла 250—300 м в месяц. И вот, наконец, 28 апреля 2005 г. были пройдены последние метры тоннеля и две бригады встретились под крики «Ура!».

Швейцарские Альпы представляют собой естественную границу, разделяющую Северную и Южную Европу. В этих местах и автомобили, и поезда всегда двигались по опасным горным «серпантинам», что отнимало много времени и увеличивало неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Новый железнодорожный тоннель позволяет сократить нежелательные выбросы в атмосферу, а также время в пути — теперь поезда могут следовать по этому тоннелю со скоростью до 250 км/ч, проходя его таким образом примерно за 10 минут.



Проходка тоннеля



Тоннель «Лотшберг»

Роль компании Atlas Copco в этом проекте состояла в поставке и обслуживании оборудования для производства буровых и взрывных работ, а также работ по укреплению горных пород. После каждого взрыва породу укрепляли анкерными болтами SWELLEX и MAI и сетками по инъекционной технологии с цементированием; перед началом нового цикла бурения всю взорванную породу удаляли. В общей сложности из Лотшбергского тоннеля вывезли 1,8 млн $м^3$ породы, которой можно было бы засыпать три стадиона.

Ответственность перед окружающей средой и окружающими нас людьми является главным принципом, восходящим к самому основанию компании Atlas Copco в 1873 г. Вопросы охраны природы и общественной пользы нередко ставятся выше коммерческих интересов.

Вода — основа жизни

В начале 80-х годов XX века двое сотрудников компании Atlas Copco оказались в Перу. В стране свирепствовала жестокая засуха, и наши коллеги ужаснулись, увидев длинные очереди за водой. После возвращения в Швецию они начали сбор средств среди своих друзей и коллег по работе в пользу неполитических гуманитарных организаций, которые старались решить эту проблему.

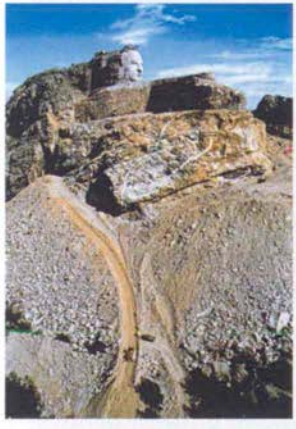
Вскоре наши сотрудники обратились к руководству компании Atlas Copco, пытаясь вывести свою идею на новый, более высокий уровень. Руководство компании отнеслось к начинанию положительно и удвоило собранную сумму. С этого момента проект «Вода для всех» заработал в странах, где осуществляют свою деятельность компании группы Atlas Copco.



Более двух миллиардов людей на земном шаре проживают на территориях, где не хватает питьевой воды. Программа «Вода для всех» помогает бурить скважины и строить колодцы в таких странах, как Перу, Буркина-Фасо, Афганистан, Индия и Колумбия. Благодаря этой программе выкопано и пробурено более 1400 колодцев и скважин, которые обеспечивают доступ к чистой питьевой воде для 700 000 человек.

«Неистовый Конь» — памятник герою в граните

В 1949 г. в штате Южная Дакота (США) скульптор Корчак Циолковский поднялся на гору Тандерхед («Грозовая туча»), имея при себе с ручную дрель. Он получил заказ от вождя народа Сиу высечь в скале изображение легендарного воина племени по имени Неистовый Конь, борца за свободу североамериканских индейцев. Этот памятник должен был увековечить один из самых ярких эпизодов великой истории коренных жителей Северной Америки.



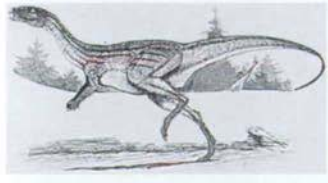
«Неистовый Конь»

Вручную высечь портрет в твердом граните — сложная и трудоемкая задача. Когда в 1982 г. Корчак Циолковский скончался, монумент все еще не был готов, но дело скульптора продолжила его семья. Прорыв наступил только в 1999 г., когда компания Atlas Copco выделила для завершения проекта буровой станок и компрессор собственного производства. С тех пор Atlas Copco участвует в сооружении величественного монумента, передавая оборудование в дар.

Сегодня 27-метровый индеец пристально вглядывается в долину с высоты горы Тандерхед. Когда монумент будет закончен, легендарный воин предстанет перед зрителями, сидя верхом на низкорослой лошадке и простирая руку в сторону родных земель. Величественный памятник будет иметь высоту 172 м, ширину 195 м (масштаб 100:1). Для сравнения — высота портретов четырех президентов, высеченных в камне национального мемориала Маунт-Рашмор, составляет всего 18 м.

«Атласкопкозавр»

Город Виктория, расположенный на юго-востоке Австралии, широко известен обнаруженными там доисторическими окаменелостями — знаменитой Пещерой Динозавров. В 1984 г. компания Atlas Copco оказала палеонтологическому проекту поддержку оборудованием и консультациями по проведению земляных работ. Это было непросто. Окаменелости были надежно укрыты слоями песка, грязи, ила, которые



Atlascopcosaurus loadsi

по прошествии более сотни миллионов лет слежались и превратились в твердую породу. Для того чтобы добраться до пластов, изобилующих ископаемыми остатками древнейших рептилий, использовалась буровая техника Atlas Copco. Задача осложнялась тем, что участок, на котором вели раскопки, располагался рядом с утесом, круто обрывавшимся в океан.

В ходе раскопок было обнаружено 85 окаменелых фрагментов костей неизвестного ранее динозавра. Новому виду присвоили имя «Атласкопкозавр Лоудса» (Atlascopcosaurus loadsi) в знак признания помощи, оказанной компанией Atlas Copco и ее бывшим сотрудником Уильямом Лоудсом.

Специалисты установили, что динозавр был травоядным, принадлежал к семейству Гипсилофодонтидов (Hypsilophodontidae) и жил в раннем меловом периоде, т.е. 100—120 миллионов лет тому назад. Длина тела динозавра составляла 2—3 м, а масса около 125 кг.

Буровое оборудование Atlas Copco

Установки для бурения взрывных скважин



Смонтированный на специальном шасси, Atlas Copco **T4BH** предназначен для эксплуатации в труднопроходимой местности и в течение 35 лет является лучшим в своем классе станком для бурения взрывных скважин, применяемым на карьерах. Номинальный диаметр скважин при вращательном и пневмоударном бурении составляет 130—200 мм. Глубина бурения составляет 45,7 м.



DM45 компании Atlas Copco — буровая установка на гусеничном ходу для вращательного бурения составным ставом с гидравлическим приводом, расположенным в верхней части мачты, специально разработана для промышленного бурения взрывных скважин глубиной до 54,9 м со сменными штангами 9,1 м. При вращательном бурении (DM45/LP и HP) номинальный диаметр скважины составляет 127—228 мм, а при бурении с использованием погружного пневмоударника высокого давления (-DM45/HP) — 127—203 мм.



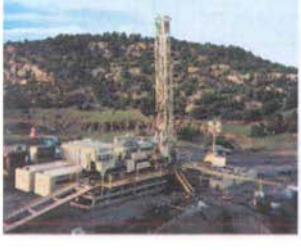
Буровой станок **DML** на гусеничном ходу оснащен гидравлическим вращателем и предназначен для промышленного бурения скважин глубиной до 54,9 м со сменными штангами длиной 9,1 м. Кроме того, могут поставляться штанги длиной 10,7 м. Номинальный диаметр скважин при вращательном бурении составляет 190—270 мм, а при бурении с использованием погружного пневмоударника высокого давления — 152—225 мм. Дизельный или электрический привод.



Серия буровых установок на гусеничном ходу **Pit Viper** представлена станками **PV271** для бурения цельным ставом и **PV275** для бурения составным ставом. Установки предназначены для бурения скважин диаметром 200—270 мм методом вращательного бурения. Глубина бурения в зависимости от длины штанги составляет 32—60 м. Дизельный или электрический привод.



Буровой станок **DM-M3** предназначен для вращательного бурения скважин диаметром 251—311 мм. Общая глубина бурения составляет до 61 м при использовании штанг диаметром 273 мм и до 73 м при использовании штанг диаметром 219 мм и карусели на пять штанг. Стандартная длина штанги 12,2 м. Система подачи обеспечивает нагрузку на долото 408 кН. Общая масса станка составляет около 104 327 кг.



Буровая установка **RD20** предназначена для бурения скважин глубиной до 1500 м. Разнообразие стандартных и дополнительных компонентов оборудования позволяет RD20 решать широкий диапазон буровых задач, таких как бурение водозаборных скважин, бурение на нефть и газ и бурение скважин для дегазации угольных пластов.

Буровые установки **T3W** и **T4W** с гидравлическим вращателем предназначены для бурения водозаборных и глубоких скважин длиной до 900 м методом вращательного, пневмоударного бурения или с использованием бурового раствора, а также погружного пневмоударника. Эти буровые установки бурят скважины диаметром 127—305 мм, а также скважины диаметром до 508 мм. Установки монтируют на ходовую часть грузовых автомобилей или они могут быть приобретены в виде палубного модуля.



Буровые станки с погружным пневмоударником

ROC F6
Диаметр скважин — 85—130 мм
Буровые трубы, длина — 4 м,
барабан — 8 труб
Двигатель CAT — 253 л.с.
Компрессор — 14 бар, 213 л.с.



ROC L6
Диаметр скважин — 90—152 мм
Буровые трубы, длина — 5 м,
барабан — 8 труб
Двигатель CAT — 365 л.с./431 л.с.
Компрессор — 25 бар, 295/405 л.с.



ROC L8/L8 (30)
Диаметр скважин — 110—178/203 мм
Буровые трубы, длина — 6 м,
барабан — 8 труб
Двигатель CAT — 440/547 л.с.
Компрессор — 25/30 бар, 405/465 л.с.



Буровые станки с гидроперфоратором



ROC D9
Диаметр скважин — 76—115 мм
Перфоратор COP — 21 кВт
Буровые штанги, длина — 3,6 м, барабан — 8 труб
Двигатель CAT — 216 л.с.
Компрессор — 10,5 бар, 136 л.с.



ROC F9
Диаметр скважин — 89—127 мм
Перфораторы COP — 25 кВт
Буровые штанги, длина — 3,6; 6,1 м, барабан — 8 труб
Двигатель CAT — 304 л.с.
Компрессор — 10,5 бар, 213 л.с.



ROC L7
Диаметр скважин — 89—152 мм
Перфоратор COP — 40 кВт
Буровые штанги, длина — 6,1 м, барабан — 8 труб
Двигатель CAT — 440 л.с.
Компрессор — 12 бар, 254 л.с.

Буровые станки с системой COPROD



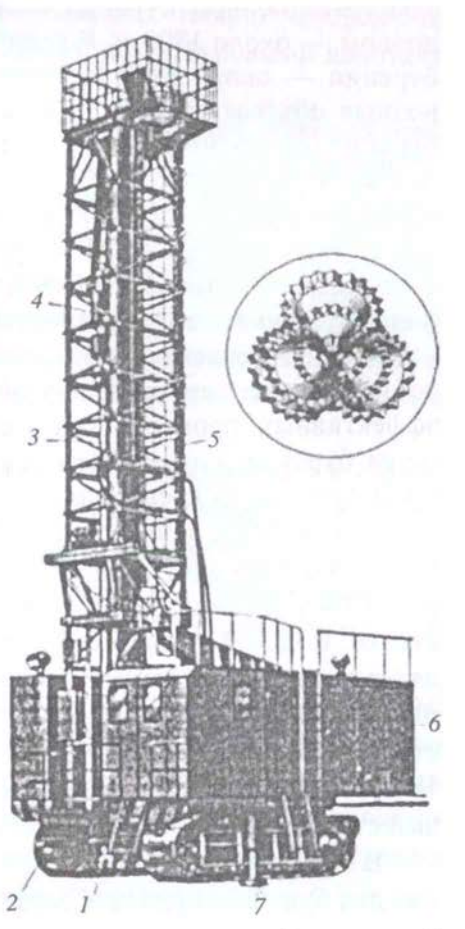
ROC F9 CR
Диаметр скважин — 105—127 мм
Перфоратор COP — 25 кВт
Буровые штанги, длина — 3,6 м, барабан — 8 труб
Двигатель CAT — 224 кВт (304 л.с.)



ROC L7 CR
Диаметр скважин — 105—180 мм
Перфоратор COP — 40 кВт
Буровые штанги, длина — 3,6 или 6,1 м барабан — 8 труб
Двигатель CAT — 272 кВт (369 л.с.)
Компрессор — 10,5 бар, 228 л.с.

Ссылка: www.atlascopco.ru

Рис. 13.13. Карьерный шарошечный буровой станок типа СБШ-250МН:
1 — шарошечное долото; *2* — гусеничный ходовой механизм; *3* — буровые штанги; *4* — вращатель; *5* — мачта; *6* — машинное отделение; *7* — гидродомкраты



Следует отметить, что пути развития и технологии глубокого бурения в России и на Западе значительно отличаются. В Европе и США используют, как правило, породоразрушающий инструмент истирающего действия или режущего и скалывающего (ударного и шарошечного) типов, высокопрочные стальные бурильные трубы, установки большой грузоподъёмности и роторный способ бурения. В России же широкое распространение получили турбинный способ бурения нефтяных и газовых скважин, породоразрушающий инструмент режуще-скалывающего типа. Этот способ бурения в начале 1966 г. начал использоваться на Кольском полуострове для закладки первой сверхглубокой скважины. Скважина была заложена на Балтийском щите в 15 км от г. Заполярный Мурманской области, с помощью породоразрушающего инструмента режуще-скалывающего типа. К 1987 г. глубина достигла 13 км.

Современное бурение скважин на нефть и газ характеризуется увеличением глубины проходки, резким возрастанием общих объёмов бурения. Средние глубины скважин в США в

эксплуатационном бурении составляют около 1300 м, разведочном — около 1700 м. В бывшем СССР в эксплуатационном бурении — около 1900 м, разведочном — около 3000 м. Основные объёмы бурения в СССР приходились на турбинное бурение (около 80 % общей проходки, это 1975—1978 гг.). Намечается увеличение объёмов роторного бурения и расширение использования героторных двигателей. В США основной способ бурения на нефть и газ — роторный; при этом предполагается увеличить процент бурения забойными двигателями. Основные направления совершенствования бурения связаны с улучшением конструкций долот, двигателей, бурильных колонн, увеличением проходки долота за рейс, использованием эффективных промывочных растворов, автоматизацией процесса бурения, улучшением конструкций скважин и повышением качества их крепления.

С начала XX в. внедряется вращательное бурение шпуров в мягких породах электросвёрлами. В начале 20-х годов на карьерах США впервые использованы ударно-канатные буровые станки. В СССР этот способ применялся в 30—60-е годы и являлся основным на земной поверхности для бурения вертикальных скважин диаметром 150—300 мм в породах любой крепости. Шнековое бурение в СССР начали применять с 1939 г. В 1943 г. на Богословских угольных разрезах (Урал) испытан первый станок вращательного бурения на шагающем ходу.

В 1947 г. в США на карьерах испытан один из первых станков для бурения взрывных скважин шарошечными долотами. В СССР работы по шарошечному бурению начаты в 1956 г. В 60-е годы созданы серийные шарошечные станки для бурения вертикальных и наклонных скважин диаметром 214—320 мм. Мощные шарошечные станки оказались наиболее эффективными и экономичными для бурения крепких пород.

На вооружении станки нового поколения, которые имеют высокие технико-экономические показатели, оснащенные системами автоматического управления (САУ), на которых повышена стойкость буровых долот — увеличена производительность станков.

Это станки типа СБШ-160, СБШ-270 «Кварцит»; СБШ-250-МНА, СБШ-250-36 и т.д., с шарошечными буровыми долотами, зубчатыми и штыревыми.

Увеличение производительности бурения на карьерах в последние годы в основном достигнуто в результате интенсификации режимов бурения и проведённых непосредственно на предприятиях (например, карьер «Мурунтау») конструктивных усовершенствований серийного станка СБШ-250МН, которые заключаются в модернизации гидросистемы привода маслостанции. Это позволило повысить производительность бурения за счет увеличения практически вдвое скорости спуско-подъёмных операций.

Станки для бурения взрывных скважин относятся к главному горному оборудованию на карьерах. Они наряду с основным горным оборудованием (экскаваторы, бульдозеры, ж.-д. транспорт, автотранспорт и другая техника) обеспечивают комплексную механизацию и автоматизацию открытой добычи того или другого полезного ископаемого.

Наши и зарубежные фирмы — производители буровых станков и инструментов («Уралбурмаш», ПО «Рудгормаш», «Ижора», «Марион», «Бюсаирус Ири», «Атлас-Копко», «Дрилтекс» и многие другие) принимают во внимание все опыты современного бурения и выпускают совершенную технику, которая позволяет разрабатывать наши кладовые Земли.

13.8. БУРЕНИЕ НА ЛУНЕ И ДРУГИХ ПЛАНЕТАХ

После знакомства с предыдущими главами читателю трудно представить себе горную промышленность страны без скважин — сложных, инженерных сооружений, крайне необходимых для познания бесчисленных секретов нашей загадочной планеты. Еще более удивится он, если узнает, что в последние годы скважины стали использоваться в раскрытии тайн других планет Солнечной системы.

В начале 60-х гг. XX века в кабинете академика С.П. Королева, выдающегося ученого, генерального конструктора космических систем, обсуждалась проблема: какой грунт на Луне? Высказывались самые невероятные предположения о состоянии поверхностных слоев лунного грунта или, как его называют, реголита, в котором любое тело могло утонуть, зарыться, провалиться на непредсказуемую глубину. Ученые, проектирующие пенетрометр — прибор для исследования механических свойств грунтов, пришли к академику и спросили его, что же им создавать и под какие условия. Они не знали, что будет там, на Луне. Прибор, возможно, не устоит на поверхности.

С.П. Королев на докладной записке написал резолюцию: «Гарантирую, грунт Луны твердый». Из этой гарантии, а точнее сказать уверенности ученого в том, что на космических телах маловероятна встреча чего-либо необычного или сверх того, что нам известно, и родилось первое космическое буровое устройство в простейшем его исполнении — пенетрометр. Результаты его погружения в грунт Луны дали чрезвычайно ценные и новые сведения. Впервые они поступили на Землю с автоматической межпланетной станции «Луна-13».

Сразу же выяснилось, что в наших познаниях о свойствах горных пород Луны имеются пробелы. Недостаток знаний, естественный на первых порах, стал причиной повышенного внимания конструкторов к оснащению межпланетных экспедиций буровыми устройствами. Бурение на Луне и Земле было признано наиболее надежным методом изучения недр нашего ближайшего космического соседа.

Лунные буровые. На исходе лета 1976 г. недалеко от знаменитого оз. Самотлор, в двухстах километрах юго-восточнее города Сургута, центра нефтедобывающей промышленности Тюменского края, завершился один из наиболее удачных космических экспериментов с автоматической межпланетной станцией (АМС) «Луна-24». Станция имела на борту буровую установку. Поздним вечером 22 августа спускаемый аппарат ворвался в атмосферу Земли. К рассвету следующего дня он был обнаружен поисковой группой на одном из песчаных островов среди болот, зарослей

мха, берез и остроконечных елей. За одну из них зацепился парашют, яркая окраска которого была видна издалека. Бесценная посылка с лунной буровой — итог автоматического бурения поверхности Селены — оказалась в руках исследователей.

Автоматическое устройство, управляемое с Земли, пробурило на Луне скважину глубиной почти три метра. Такое достижение стало возможным благодаря удачному выбору конструкции буровой установки.

В разведочном бурении всегда остро стояла и стоит проблема извлечения из скважины в достаточном количестве образцов горной породы. Существует даже понятие качества бурения, одним из критериев которого служит линейный вынос керна. Если этот вынос становится проблемой в обычных земных условиях, когда процесс бурения находится под непрерывным контролем оператора, то можно себе представить трудность получения керна при работе автомата за сотни тысяч километров от Земли на другой планете.

Конструкторы знали, что взять керн на поверхности Луны можно будет только одним единственным рейсом бурового устройства и никакие перебурки, то есть повторные эксперименты, невозможны. Отсюда надежность грунтоноса должна была стать абсолютной. Прямо скажем, такую задачу геологи не решаются ставить буровикам даже в земных условиях. К счастью, трудности были преодолены, успех превзошел все ожидания. Создание автоматического устройства для отбора проб лунного реголита бурением стало одним из высших достижений космонавтики 70-х гг. С инженерной точки зрения наибольший интерес вызывает конструкция грунтоноса и устройств, с ним связанных.

Сохранность керна и природной последовательности залегания слоев лунного грунта обеспечивалась в грунтоносе гибкими продольными лентами и эластичной оболочкой внутри трубы. Столбик керна длиной более двух метров помещался в капсулу аппарата, возвращаемого на Землю. Остроумное решение конструкторов: поместить двухметровый столбик горной породы в капсуле длиной не более полуметра — «изюминка» установки, поражающая неожиданностью инженерного исполнения.

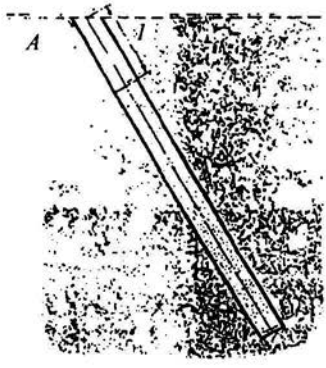


Рис. 13.14. Расположение лунного грунта в наклонной скважине: *l* — начальное расстояние от станка до точки касания грунта в начале бурения; *A* — условная отметка отсчета глубины

Скважина на Луне была наклонной: ось скважины отклонялась на некоторый угол от вертикали (рис. 13.14). Особой необходимости в наклонном бурении не было. Компоновка узлов межпланетной станции была такова, что конструкторы оказались вынужденными остановиться на несколько необычном — наклонном — положении бурового станка. Наклонное положение бурового инструмента снижало глубину проникновения в грунт Луны по вертикали. Однако с таким недостатком конструкции пришлось смириться.

Буровой станок имел механизм подачи — систему тросов; механизм автоматического перехода на ударный режим бурения в зависимости от буримости горной породы; устройство для управления бурением с автономной программой, предусматривающей, кроме всего прочего, предупреждение аварийного режима.

Столбик керна по протяженности почти полностью соответствовал длине грунтоноса. Вследствие разницы в поперечных размерах внутренних отверстий буровой коронки и грунтоноса при заполнении последнего реголитом происходило равномерное расширение сыпучего керна. Отдельные его мелкодисперсные фрагменты просыпались из верхней части грунтоноса в нижнюю — явление весьма нежелательное для оценки распределения слоев лунного реголита.

Отмеченные недоработки второстепенного характера не изменили в целом очень высокую оценку работы бурового устройства «Луна-24», а буровая установка межпланетной станции заслуженно считается не только качественно новым этапом разработки автоматических устройств для исследования природных космических тел, но и служит прообразом автомата, пригодного для применения в геологических исследованиях земных недр, особенно в труднодоступных местах.



Рис. 13.15. Скважина, пробуренная на участке таинственного оранжевого грунта Луны

При проектировании установки был внимательно обобщен предшествующий опыт бурения на Луне советскими автоматическими станциями и американскими космонавтами.

В начале шестидесятых годов США объявили о начале работ по проекту «Апполон». В соответствии с программой предполагалась высадка на Луне космического экипажа из двух человек. Среди перечня научных исследований значилось ручное бурение — около тридцати скважин и отбор проб грунта. Первые скважины на Луне были пробурены астронавтами в 1969 г. Инструменты для бурения постоянно совершенствовались по мере расширения опыта работы в необычных условиях. Так, ручной пробоотборник — основной буровой инструмент первых экипажей — в более поздних экспедициях заменили электробуром. В последней из них космонавты пробурили одну из самых необычных скважин в середине участка с загадочным оранжевым и черным грунтом (рис. 13.15).

Буровые установки более сложного и совершенного типа одновременно были созданы и в СССР. Первая автоматическая межпланетная станция «Луна-16» с буровым устройством на борту высадилась на поверхности Луны в 1970 г. Установка предназначалась для бурения на глубину всего тридцать сантиметров. Но это был первый шаг человечества к исследованию поверхности другого небесного тела бурением без участия космонавтов. Грунт, полученный станцией, затем был доставлен на Землю. И хотя его масса не превышала 100 г, вещество с другой планеты подверглось столь тщательному изучению, какому, наверное, не подвергалось ранее ни одно из экзотических природных соединений. И вот что интересно: существующая методика изучения лунного вещества почти не требует его расхода. Научные задачи решаются с участием настолько незначительного количества исходного материала, что привезенный с Луны реголит

до сих пор не израсходован и наполовину. Добавим, Академия наук СССР передала для продолжения исследований какое-то количество грунта в научные учреждения почти десятка стран.

В 1972 г. в СССР была запущена автоматическая станция «Луна-20» с аналогичным буровым устройством и такой же схемой доставки грунта на Землю. Разница в условиях бурения заключалась в том, что проба отбиралась в другом районе Луны. Это позволило сравнить исследования различных типов горных пород — от мягких до скальных. После запусков стационарных станций на Луне побывали наши луноходы. Впервые в мире они несли простейшую буровую установку для оценки проходимости грунта. Ручное бурение велось и с американских луноходов, ведомых космонавтами.

Все пробуренные скважины на Луне не превышают нескольких метров. По мере освоения Луны и планет появятся дополнительные научно-исследовательские задачи, и среди них — бурение скважин на глубину 10, 100 м и более. Новые условия потребуют иного бурового оборудования, при конструировании которого понадобится решить проблемы охлаждения коронки, выноса шлама с забоя скважины, приближения ударного механизма к забою и т.д.

Успехами экспедиций «Луна-16» и «Луна-20» была проложена дорога более сложному эксперименту на автоматической станции «Луна-24», а спустя шесть лет простейшие буровые установки, спроектированные и построенные в нашей стране, впервые в мире спустили на загадочную поверхность планеты Венера.

На раскаленной тверди Венеры. Весной 1982 г. трехчасовой репортаж двух АМС «Венера-13» и «Венера-14» с поверхности планеты дал возможность землянам увидеть в цветном изображении желто-коричневую панораму венерианской поверхности и оранжевого неба. Среди других уникальных экспериментов впервые в истории изучения космических тел на другой планете было проведено успешное бурение неглубоких микроскважин. До сих пор внеземное бурение было доступно только на Луне. Скважины на Венере имели глубину около трех сантиметров.

В состав приборов были включены пенетрометры примерно такого же типа, как и на станции «Луна-13». В миниатюре прибор

представлял собой упрощенную модель буровой установки. Главная деталь прибора — конусно-лопастной штамп. Он погружается в грунт и одновременно, при помощи рычажного устройства с прижимными аккумуляторами энергии, поворачивается на некоторый угол. По глубине погружения конуса и величине угла дается оценка плотности грунта и других его механических свойств.

На посадочном блоке межпланетной станции пенетрометр устанавливается в сложенном состоянии. Программирующее устройство раскрывает рычаги прибора, они разворачиваются, и штамп ударяется о грунт, оставляя в нем отпечаток в форме конуса.

На каждой из двух станций были установлены пенетрометр и миниатюрный буровой станок. Таким образом, на Венере одновременно было пробурено четыре микроскважины. Пробы венерианского грунта тут же на месте посадки станции подверглись тщательному химическому анализу, а Земля получила необходимые сведения. Уникальные материалы удалось получить, несмотря на весьма неблагоприятные для научной аппаратуры условия работы.

Интенсивное изучение Венеры началось сравнительно недавно. За короткий срок представления ученых о планете изменились самым неожиданным образом. Так, еще в начале 60-х гг. в печати высказывались разноречивые предположения о природных условиях на поверхности планеты. Как хотелось при этом, чтобы они оказались подобны земным! В воображении исследователей, например, рисовался безбрежный венерианский океан. Не случайно одна из первых советских космических венерианских станций имела для запуска аппаратуры сахарный замокдатчик. Растворившись в воде, датчик включал измерительные приборы... Увы! Действительность разрушила все заманчивые предположения: температура поверхности планеты была почти 500 °С, давление газовой оболочки — около 100 бар.

Впервые поверхность планеты была сфотографирована автоматическими станциями «Венера-9» и «Венера-10» в 1975 г. На снимках, переданных «девяткой», виднелись россыпи обломков горных пород и плоских отдельностей размером от 10 до 100 сантиметров и более с острыми или сглаженными гранями. Пыли мало, но между глыбами камней, частью расколотых и

рассланцованных на плоские пластины, виден темный рыхлый грунт, возможно, размягченный за счет высокой температуры.

Место посадки АМС «Венера-10» было удалено от ее предшественницы на 2200 км. Участок вокруг станции оказался заполненным скальными излившимися породами. Есть осыпи пород, но пыли, подобно лунной, почти нет. Изломы камней свежие, имеют яркую окраску за счет интенсивного рассеивания света и не запылены. Панорамы поверхности вблизи станций показали, что каменистый ландшафт — одна из наиболее характерных деталей венерианского пейзажа. При низких скоростях ветра, стабильных, но высоких температурах физическое выветривание горных пород невелико. Процессы переноса раздробленного вещества наблюдаются только на склонах гор или холмов за счет гравитационного воздействия. Следы эрозии есть результат растрескивания нагретых пород, пластичности полурасплавленной или спекшейся корки поверхности.

Почти такую же картину, только цветную, дали панорамные снимки АМС «Венера-13» и «Венера-14». В районе посадки спускаемого аппарата «Венера-13» залегали лейкоцитовые базальтовые породы, подвергнутые химическому изменению.

На панорамах виден относительно ровный участок каменистой равнины и сплошное обнажение скальных горных пород. Породы рассланцованы и располагаются в виде ступенек высотой от 1 до 10 см. На поверхности ступенек имеются извилистые трещины.

Обилие воды на Земле привело к большому разнообразию изверженных и метаморфических горных пород. На Венере, по-видимому, недостаток воды — причина глобального их однообразия. Состав пород вблизи станции «Венера-14» оказался совсем другим. Он соответствовал широко распространенным на Земле океаническим базальтам — продуктам накопления и последующего уплотнения смеси пепла и мелких кристаллических обломков пород и минералов, выброшенных вулканическим извержением.

Подобные горные породы на Земле подняты со дна Атлантики и обнаружены в районе озера Байкал. Интересно, что недавно в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского АН СССР на основе научных данных двух венерианских станций

получен точный аналог горной породы, находящейся на поверхности планеты Венера. Это осколок черного, тускло поблескивающего на изломах стекла, очень твердого и тяжелого. Базальт — по-гречески есть «пробный камень». Пробным камнем возможностей современной науки стали весьма совершенные эксперименты советских межпланетных станций, успех которых, несмотря на роковой — тринадцатый номер одной из станций, оказался ошеломляющим. Недаром в Хьюстоне на международной конференции по изучению Луны и планет успешная работа «Венеры-13» (рис. 13.16) и «Венеры-14» (рис. 13.17) стала пиком программы. Когда фотографии поверхности Венеры были показаны зарубежным ученым, по залу прокатились восхищенные возгласы.

При высоких давлениях и температурах, превышающих точку плавления таких металлов, как олово, свинец, цинк, возможны интенсивные химические реакции, приводящие к природным явлениям, характер которых трудно представить. Совокупность интенсивных механических, химических и электрических воздействий на любое буровое устройство будет малоблагоприятным. Это заставило конструкторов проектировать совершенно необычную буровую установку, доселе неизвестную земному технологу.

Буровой станок крепился снаружи автоматической станции между шаровым корпусом и распорными элементами амортизатора посадочного отсека. Наружное расположение бурового автомата заранее предполагало его работу в условиях перегрева всей конструкции и ощутимого удара при посадке аппарата. Высокие температуры исключали работу сопряженных узлов со смазкой, а невозможность охлаждения деталей компенсировалась кратковременной работой станка.

Многочисленные эксперименты на Земле в автоклавах, моделирующих венерианские условия, заставили конструкторов остановиться на весьма необычных решениях. Так, отсутствие смазки в редукторе восполнили увеличенными зазорами; для перегрузки грунта из керно-приемной трубы в капсулу и для подачи капсулы с грунтом в термоконтейнер с аналитической аппаратурой были выбраны надежные пиротехнические приводы и др.

Буровое устройство — это машина вращательного действия массой 26 кг с постоянной скоростью подачи бурового инструмента на забой скважины. Как вращение, так и подача буровой коронки проводились одним электрическим двигателем специальной конструкции, способной работать в раскаленной атмосфере Венеры. Движение от двигателя через редуктор передавалось телескопической трубе-штанге, на конус которой крепилась буровая коронка. Двигатель раскрывал в начале бурения шариковый замок, который удерживал буровое устройство в исходном состоянии при полете АМС и ее посадке.

Бурение скважин велось в автоматическом режиме по командам программно-временного устройства, расположенного на борту станции. Процесс бурения контролировался датчиками. Контрольные сведения передавались на Землю (величина хода бурового инструмента, глубина бурения, температура и давление в полостях блоков, величина тока в обмотке электродвигателя).

Буровой наконечник представлял собой полую трубку с резцами из твердых сплавов. Другой конец трубки был связан с камерой для анализа грунта. Во время бурения полости трубки и камеры разделялись мембраной.

При бурении специальная пружина (см. рис. 13.17) нагружала буровой инструмент, а перед началом операции отбора грунта на каменистую поверхность Венеры опустилась зубчатая плита с отверстием посередине, через которое пропускалась коронка. Плита предупреждала осыпание грунта и повышала надежность работы коронки при перекосе станции. Процесс бурения на глубину трех сантиметров продолжался несколько больше 2 мин. Но и этого времени хватило, чтобы сверкающие полировкой детали бурового станка

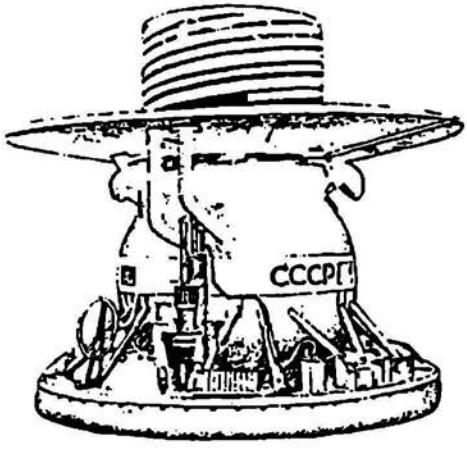


Рис. 13.16. Станция «Венера-13» с буровой установкой

обуглились и покрылись бурым слоем пыли. Наступил черед самой трудной операции: доставка проб грунта в камеру для анализа. Конструкторы остроумно решили задачу. Новаторские решения всегда приходят неожиданно. Одно из правил удачного изобретательства — обратить вред какого-либо явления на улучшение технологии. Так и здесь: в работе устройства использовали огромный перепад давлений между полостью вакуумной камеры и наружным давлением венерианской атмосферы. Недавний враг стал союзником. Пиропатрон разрушил мембрану, и вступила в работу вакуумная емкость. Давление над столбиком грунта резко упало, и керн, подобно клочку бумаги в гибком пылесосе из буровой трубки переместился в камеру. Другой пиропатрон загерметизировал отверстие и отделил камеру от бурового станка. Начался экспресс-анализ драгоценной пробы.

После доставки пробы в камеру-анализатор, где поддерживалась нормальная температура и давление, буровой станок оказался во власти венерианского пекла. Исследования грунта позволили оценить процентное содержание магния, алюминия, кремния, калия, железа, серы, хлора, фосфора и других элементов.

В середине 1985 г. аналогичный эксперимент с бурением венерианского грунта провел посадочный аппарат, опустившийся на поверхность планеты с пролетного отсека станции «Вега-2». Конструкция и возможности бурового станка АМС «Вега-2» были аналогичны уже описанным.

Нагретые и размягченные горные породы Венеры по своим механическим свойствам эквивалентны земным базальтам на глубинах пятнадцати и более километров. Таким образом, бурение на Венере дало своеобразную «консультацию» для земного сверхглубокого бурения скважин. Выходит, что трехсантиметровая скважина на Венере эквивалентна по научным результатам земной скважине глубиной до ста километров. Такая глубина будет недоступна человечеству еще много лет. Космический эксперимент на Венере в какой-то мере смоделировал земные сверхглубины.

Несмотря на неоспоримые успехи наблюдательной астрономии последних лет (открытие колец Урана и Юпитера, спутника Плутона, новых спутников на орбитах Сатурна, Нептуна и

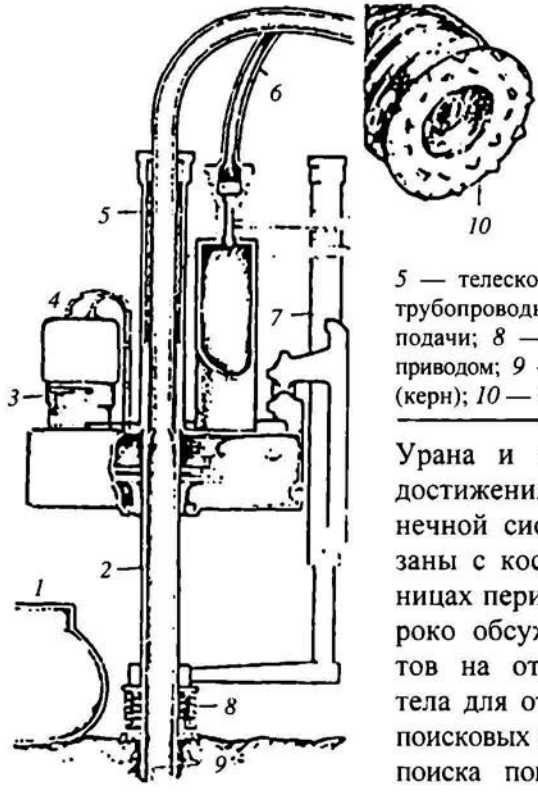


Рис. 13.17. Схема бурового станка АМС «Венера-13» и «Венера-14» и конструкция опорной плиты и буровой коронки (справа):
1 — основание станции; *2* — грунтоприемник; *3* — редуктор; *4* — двигатель; *5* — телескопическое устройство; *6* — трубопроводы; *7* — замок и механизм подачи; *8* — прижимающая пружина с приводом; *9* — образец горной породы (керн); *10* — буровая коронка

Урана и многое др.), главные достижения в исследовании Солнечной системы уже давно связаны с космонавтикой. На страницах периодической печати широко обсуждаются детали полетов на отдельные космические тела для отбора проб грунта и в поисковых целях. Во всех эпизодах поиска понадобится бурение — основной технологический прием отбора пробы внеземного вещества с подповерхностных слоев планет, их спутников астероидов, комет и других космических тел. Когда это случится? Насколько реальны существующие прогнозы в космонавтике? В технике, а в космической технике особенно, предсказание будущего — дело рискованное.

Еще на заре космической эры, в конце пятидесятых годов, специалисты считали бурение на Марсе (рис. 13.18) задачей более легкой, чем это оказалось на деле: до сих пор на планету буровую установку доставить не удалось. Надо полагать, в Солнечной системе в ближайшие десятилетия не останется сколько-нибудь заметного космического тела, где не побывают автоматические космические геологи. Положено хорошее начало: космические аппараты сделали съемку и передали на Землю изображения ядра кометы Галлея. Подобные полеты автоматических станций к

комете осуществлены впервые, поэтому от них трудно требовать решения всех задач, поставленных учеными на Земле. Так, скорость сближения аппаратов и кометы, летящих почти на встречных курсах, достигала 70 км/с. В таких условиях только на съемку ядра кометы отводилось несколько секунд, а при сближении, когда крупномасштабные фотографии особенно желательны, — доли секунды. За столь короткое время трудно получить богатую информацию. Наконец, ученым всегда желательно иметь в своих руках образец вещества кометного ядра. Буровая колонка-керн кометного вещества станет единственным достоверным доказательством правильности тех или иных гипотез.

По известным косвенным данным ядра комет в основном состоят из рыхлого льда или смеси льда с кусками твердых горных пород метеоритного состава. Сверху они прикрыты смерзшейся или спекшейся тонкой коркой из каменистых обломков и пыли. Будем надеяться, что недалеко то время, когда кометный лед и грунт побывают на Земле. В зарубежной печати обсуждаются варианты уникальной возможности взятия прямой пробы вещества кометы путем доставки на ядро буровой установки, способной захватить образец грунта или загрязненного его частицами льда.

Проекты весьма интересные, и мы уделим двум из них некоторое внимание. Полеты продолжительностью в пять лет намечены на XXI в. к четырем короткопериодическим кометам Копфа, Энке, Темпель-2 и Вильд-2. Газовые выбросы этих комет весьма активны, ядра четко наблюдаются в астрономические инструменты.

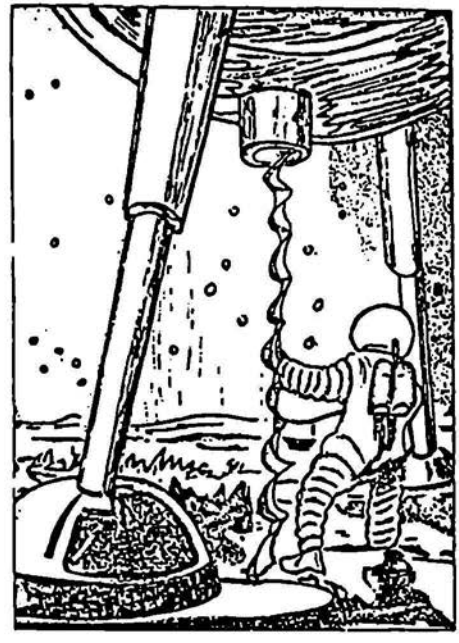


Рис. 13.18. Бурение на Марсе по представлению художника А. Соколова. — «Экономическая газета», август, 1967 г.

Траектория полета космического аппарата выбирается такой, чтобы он вышел на круговую орбиту вокруг ядра кометы на высоте от 10 до 100 км. После стереоскопической визуальной оценки пригодного для исследований участка аппарат переходит на синхронную орбиту и неподвижно зависает над ядром на удалении от его поверхности около десяти километров. Такое удаление считается оптимальным, а спускаемые на ядро устройства окажутся под достаточным гравитационным влиянием кометы для того, чтобы опуститься на твердую поверхность под действием собственной тяжести.

Космический аппарат снабжен посадочными модулями с буровыми блоками. Для повышения надежности эксперимента предполагается бурение двумя буровыми установками в разных участках ядра. С целью учета различных условий бурения и повышения надежности эксперимента конструкции станков и способы бурения не дублируют друг друга. После окончания бурения в одном месте могут быть сделаны корректирующие поправки при бурении в другом участке.

Предполагается отбор трех различных образцов кометного вещества: с поверхности (спекшаяся пылевая корка толщиной несколько сантиметров) и с глубины 1—2 м (конгломерат пыли и каменного вещества, а также льдисто-пылевая смесь).

На рис. 13.19 показаны пенетрометр с керноприемной трубой и бурильная машина с полым керноприемником. Они располагаются на посадочном основании и вместе с ним опускаются на поверхность ядра. Крепление к ней осуществляется за счет динамического удара при посадке. Пенетрометр-гарпун вонзится в изъеденную рытвинами ледяную поверхность кометного ядра. Элементом крепления станет, таким образом, сама керноприемная труба пенетрометра, погружающаяся в рыхлый лед. Для бурового устройства предусмотрены штыри, заякоренные кумулятивными зарядами. В обоих приборах глубина бурения рассчитана на один метр. Конструкция пенетрометра приспособлена к работе в рыхлом или утрамбованном снеге, а бурильная машина — в кристаллическом льде с твердыми каменистыми включениями.

Посадочный блок имеет электронно-счетное устройство для управления операциями спуска, удара, бурения и возвращения.

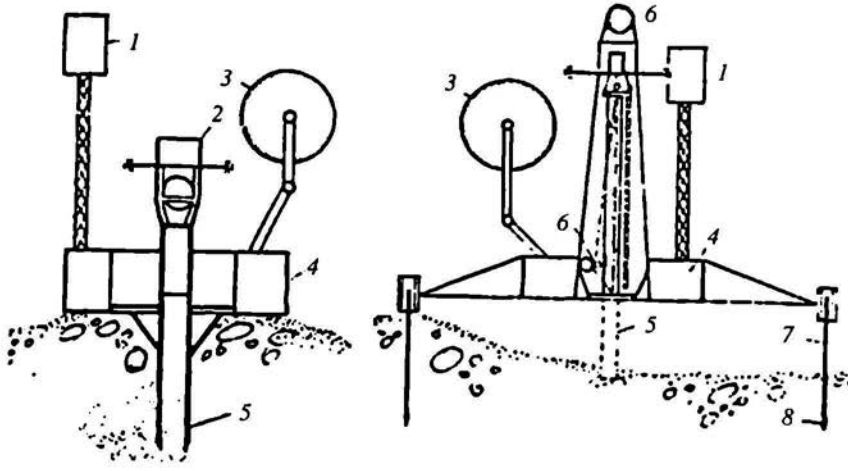


Рис. 13.19. Буровые устройства для работы на поверхности ядра кометы:

1 — передатчик; *2* — блок электронного управления; *3* — подъемник; *4* — основание; *5* — буровой наконечник; *6* — электродвигатель и привод; *7*, *8* — якорь и кумулятивный заряд

Счетное устройство посылает также непрерывный сигнал для орбитальной станции в целях точного зависания последней над блоком. После окончания бурения образец горной породы извлекается из скважины и герметизируется в контейнере-капсуле. Затем дается сигнал на вертикальный запуск контейнера к орбитальному блоку. Герметизация необходима для предохранения льда от солнечной радиации. Посадочный блок остается на ядре кометы. Орбитальная станция с капсулой возвращается к Земле.

Вариант конструкции бурового устройства с гарпунным механизмом демонстрирует рис. 13.19. Агрегат с помощью троса соединяется с космической станцией, зависшей над поверхностью ядра кометы. Пружинным механизмом или сжатым газом гарпун со скоростью 1—2 м/с выстреливается в грунт и заякоривается в нем. Конструкция бурового механизма крайне необычна. Она включает в себя трубу с расширяющейся внизу бурильной головкой. Внутри трубы расположены концентрично еще две трубы. Одна из них — внутренняя —

служит для сбора образца грунта (керна), а средняя, или промежуточная, необходима для включения сегментного кернорвательного механизма. Последний напоминает внешне «ирисовую» диафрагму затвора фотоаппарата. При повороте промежуточной трубы сегменты отсекают столбик керна и полностью перекрывают нижний торец внутренней трубы. Керн оказывается закупоренным в своеобразном контейнере. Поскольку гарпун связан тросом с космической станцией, контейнер подтягивается лебедкой к станции и размещается в ней либо для анализа грунта на месте, либо для отправки на Землю. После подъема керна с контейнером все остальные части бурового устройства отстреливаются пиропатронами и навсегда остаются на поверхности кометы.

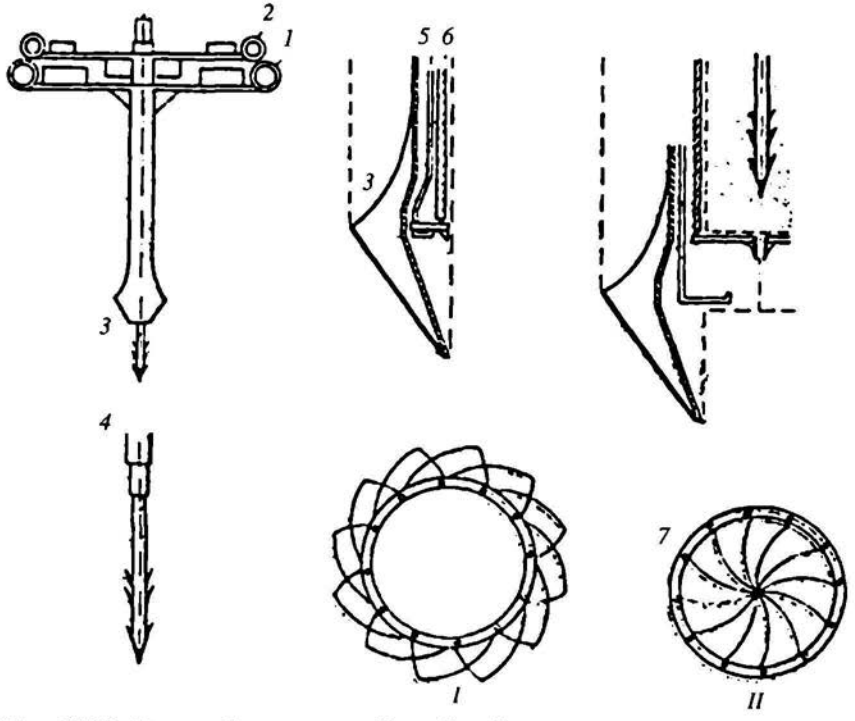


Рис. 13.20. Буровой реактивный пробоотборник:
1, *2* — большой и малый торы; *3* — центратор; *4* — гарпун; *5*, *6* — средняя и внутренняя трубы; *7* — кернорватель; *I*, *II* — в процессе бурения и при транспортировке керна

Интересно решена конструкторами проблема вращения бурильных труб. Для этого в верхней части бурового станка смонтированы две тороидальные камеры с твердым ракетным топливом. В начале бурения воспламеняется топливо в нижнем, большем по диаметру, тороиде. Форсунки, расположенные тангенциально к окружности тора, создают реактивный вращательный момент и наружная бурильная труба с буровым наконечником начинает вращаться, погружаясь в грунт. Продолжительность бурения достигает десяти минут. Усилие на коронку создается давлением отработанных в тороидальной камере газов. По окончании бурения воспламеняется топливо в верхнем торе. Начинает поворачиваться средняя труба, и вступает в работу сегментный кернорватель. Вся последовательность операций заранее запрограммирована бортовой счетной машиной (ЭВМ).

Необходимо указать на один существенный недостаток конструкции, не отвергая оригинальность инженерного решения при создании простой бурильной установки, максимально учитывающего специфику космических условий на поверхности кометного ядра. Продукты горения из тороидальных камер способны проникать в образцы горных пород и, как принято говорить, загрязнять окружающую среду. Органические вещества, принесенные с Земли, могут исказить картину изучения кометных образцов горных пород.

Отбор проб кометного вещества может дать ответ на давний спор между сторонниками и противниками теории о межзвездном переносе жизни кометными ядрами. Происхождение нашей планеты через хвост кометы когда-то, возможно, породило жизнь на Земле. Углеводородные соединения, открытые, например, на поверхности ядра кометы Галлея, содержат метастабильные органические соединения — источник зарождения жизни. В сочетании с интенсивными потоками водяных паров ядро способно стать возможным носителем примитивных форм жизни — своеобразным транспортным средством, которое переносит органические соединения через межзвездное пространство. Условия роста микроорганизмов в ядре кометы предполагают присутствие хотя бы малых количеств жидкой воды. Вода в жидкой фазе может сохраниться только в недрах кометного ядра.

Отбор такой воды со значительной глубины под коркой поверхностных слоев каменных глыб и льда доступен лишь бурению.

С помощью бурения на космических телах, в первую очередь, автоматического, без участия человека, будет дан ответ на вопрос о закономерностях эволюции планет, при которых зарождение жизни — либо продукт невероятно-локальной случайности, либо результат причин, о которых мы еще ничего не знаем. Еще более заманчивым представляется ответ на самую запутанную загадку природы: когда и при каких условиях органическое вещество Земли, а может и других космических тел, впервые переходит таинственную границу между неживой и живой материей.

В теоретической астрономии известна методика расчета минимальных размеров космических тел, при которых еще возможен либо кратковременный, либо постоянный разогрев недр. В частности, тело размером до 100 км никогда самостоятельно не разогревается до положительных температур. Иными словами, недра большинства астероидов, спутников Марса и других тел, холодны. Не исключено, что граница живого — неживого тесным образом связана с внутренним разогревом планет и с вулканической деятельностью. Изменение температуры к ядру космического тела обычно оценивается геотермическим градиентом (космотермическим). Не создавать же для каждой планеты свою терминологию, присущую только ей. Надежная инструментальная оценка градиента возможна, в основном, в скважине.

Существует не один проект возвращения марсианского грунта на Землю. Многие из них были рождены еще в 70-х гг. Однако высокая стоимость реализации проектов и определенный спад интереса к проблемам жизни на Марсе после получения отрицательных результатов биогенных исследований на поверхности планеты заставили если не отказаться, то, во всяком случае, отложить чрезмерно дорогие эксперименты.

В конце 80-х гг. — это случилось 15 апреля 1987 г. — состоялось подписание официальных документов между правительствами СССР и США о координации программ совместного исследования планеты Марс. Предполагалось, что при реализа-

ции проекта по отправке автоматической станции на Марс будут использованы хорошо зарекомендовавшие себя при исследовании Луны советские луноходы и автоматические буровые установки для бурения на глубину до 2 м. США, в свою очередь, обязались оснастить АМС надежной аппаратурой точного наведения космического аппарата в окрестность планеты.

Для примера рассмотрим опубликованные в США подробности одного из проектов, в котором предполагалось участие плането- или марсохода с буровой установкой на борту.

Компоновка посадочного блока автоматической межпланетной станции повторяла известную конструкцию хорошо зарекомендовавшего себя на практике аппарата «Викинг». После посадки на поверхности Марса марсоход должен был сойти с блока на грунт и продолжать автономные исследования. В составе научного оборудования посадочного блока среди прочих приборов имелся грунтозаборный механизм-манипулятор типа черпалки и долото для захвата и дробления твердых отдельностей горных пород. На планетоходе размещается два буровых устройства. Одно из них предназначено для бурения на глубину до одного метра, если грунт мягкий, а другое — на глубину пятнадцать сантиметров в горных породах скального типа. Для упрощения проблемы надежности работы бурового устройства на поверхности Марса конструкторы решили использовать ручной электробур, многократно испытанный в лунных условиях при работе космонавтов в экспедициях «Апполон».

В транспортируемом положении электробур лежит на верхней площадке марсохода. После выбора с помощью телевизионных камер точки бурения электробур переводится в вертикальное положение. Подача инструмента вниз по мере углубления скважины достигается устройством из элементов замкнутой цепи (как у велосипеда). Цепная передача получает движение от специального электродвигателя.

После бурения марсианского грунта марсоход возвращается к стационарной АМС. Специальная ракета с грунтом в капсуле стартует к Земле.

Марсоход способен отбирать пробы грунта как для автономного анализа, так и для возвращения их в посадочный блок.

В различных вариантах запас энергии планетохода рассчитывался на расстояние движения от 4 до 50 км при общей массе бурового устройства до 9 кг. В состав оборудования входили также размельчитель, просеивающее устройство, анализатор и биологический пробоотборник.

Весьма важная научная задача, обсуждаемая учеными, — отбор проб мерзлоты в районе полярных шапок Марса и доставка на Землю нерастопленного, сохраненного в природном состоянии, марсианского льда. Кроме изучения вещественного состава, анализ льда даст ответ на вопрос о вековых колебаниях климата Марса и загадках высохших речных русел, часто наблюдаемых на снимках планеты. Вероятно подо льдом, несмотря на вакуум или чрезвычайно низкое атмосферное давление, существуют жидкие водогрязевые потоки.

Получение глубинных образцов льда и воды пока возможно только с помощью бурения. По-видимому, такие необычные эксперименты не за горами. При вскрытии скважиной воды под слоем мерзлоты неизбежны малопредвиденные осложнения. Например, вода под давлением может вырваться наружу. Даже в вакууме она не может испариться мгновенно. Возникнет бурное кипение с большими затратами тепла. Охлаждение жидкости приведет к быстрому затягиванию водной поверхности слоем льда. Аналогичные неприятности могут ожидать космических буровиков и на других ледяных спутниках планет.

Кажется, совсем недавно о спутниках Марса — Фобосе и Деймосе — люди знали как о быстро двигающихся ярких точках на фоне неба в окрестностях планеты. Одно время они были отнесены к загадочным образованиям природы, имеющим внутри пустоту. Другими словами, к искусственным созданиям внеземного разума. Чуть позже на одном из снимков Марса случайно обнаружили тень Фобоса. К удивлению ученых, она имела вытянутую неправильную форму, весьма далекую от сферы. Но как радовались земляне и этой новой информации! Спустя несколько месяцев была получена фотография Фобоса, составлена первая карта его поверхности, и вопросов стало еще больше, чем раньше. Почему на столь малом теле довольно мощный слой реголита, может быть, больший, чем на Луне? Не от дейст-

вия ли мерзлоты — замерзшей воды образовались и расширяются трещины на его поверхности? Если есть мерзлота, то откуда берется вода? При ударе метеорита по горным породам спутника, имеющим связанную воду? Еще в 1947 г. советская ученая Л.С. Кваша впервые установила наличие связанной космической воды в одном из метеоритов. Ей же удалось выделить эту воду. Содержание воды достигало восьми процентов от массы каменного образца. Все перечисленные загадки Фобоса способно решить бурение и доставка образца породы на Землю.

В июле 1988 г. состоялся старт космического аппарата типа «Фобос». Космическая станция достигла окрестностей планеты Марс спустя 200 суток. Аппарат приблизился к поверхности Фобоса на расстояние 30—80 м. После панорамной съемки спутника Марса и лазерного исследования грунта сброшен посадочный зонд. Поскольку сила притяжения Фобоса крайне мала, с посадочного зонда был сброшен пенетрометр, который, подобно гарпуну, проник в грунт. С посадочным отсеком гарпун через скважину связан гибким тросом. С помощью троса произошло подтягивание зонда к поверхности Фобоса.

Глубина бурения зависит от прочности грунта Фобоса и в рыхлых отложениях может достигнуть 10 м. Пока прочность реголита оценена косвенным путем на основе имеющихся фотографий склонов многочисленных кратеров Фобоса, покрытых тонкоразмельченным материалом. Крутизна бортов кратеров достигает 40—60°. Если известно отношение глубины кратера к его диаметру (в среднем 0,2), то можно оценить прочность грунта.

Среди спутников Сатурна наибольший интерес вызывает Титан. Он обладает мощной атмосферой, более плотной, чем у Земли, а поверхность спутника покрыта метановыми морями. Низкие температуры, недавно измеренные автоматическими станциями, должны исключать возможность известных нам белковых форм жизни, но кто знает, какие еще сюрпризы преподнесет нам космонавтика?

Исследования Титана будут проводиться либо с помощью специального зонда, либо путем сбрасывания пенетрометра со станции, находящейся на пролетной траектории или траектории

искусственного спутника Титана. В первом случае предполагается мягкая посадка зонда на поверхность самого крупного спутника Сатурна, а во втором — заглубление пенетрометра в грунт и последующая передача необходимых научных данных на искусственный спутник — ретранслятор и на Землю.

Пока мы очень мало знаем о веществе астероидов, за исключением возможных остатков астероидов-метеоритов. Вот некоторые результаты косвенных исследований этих космических тел. Известно около двух тысяч астероидов. Только самые крупные из них — Церера, Паллада, Веста и Юнона — имеют шарообразную форму. Другие в большинстве своем — крупные бесформенные каменистые глыбы размером от сотен до половины километра.

В настоящее время обсуждается возможность совместного советско-французского проекта «Веста». В соответствии с перечнем задач предусматривается посадка космического аппарата на один из астероидов, отбор проб его грунта либо сброс пенетраторов. Конструкции пенетраторов — простейших буровых устройств — будут созданы в России. Среди кандидатов на исследования — астероиды Веста, Церера, Малаутра, Гестия и др.

А пока что поверхности астероидов исследуют по измерениям отражательной способности. Церера и Паллада темны, как метеориты серого цвета, откуда и проводят аналогию астероидов и каменных метеоритов. Астероид Юнона похож на темно-серые метеориты. Светло-серая поверхность Весты тождественна земным светлым пескам, мелу или поверхности Луны.

Весьма необычны условия на поверхности астероидов, орбита которых проходит внутри орбиты Меркурия. Такие астероиды нагреваются Солнцем настолько, что начинают слабо светиться, правда ненадолго. По-видимому, внешний вид астероидов имеет сходство с фотографиями спутников Марса, Фобоса и Демоса, также имеющих неправильную форму, а механические свойства горных пород, необходимые для проектирования бурения, мало чем отличаются от каменных и железных метеоритов. Но это лишь предположения, не больше.

В середине семидесятых годов возле Земли на максимально приближенном расстоянии — двадцать три миллиона километ-

ров — оказался астероид Эрос. Близкое его расположение послужило поводом для создания ряда проектов посадки на его поверхность автоматической станции для сбора и анализа проб астероидного вещества. Благоприятные условия наблюдений небесного тела сделали его наиболее изученным и позволили установить форму, размеры и состояние поверхности. Проект посадки АМС приобрел более конкретные очертания. В частности, стало известно, что поверхность Эроса сплошь покрыта углублениями, возможно, кратерами, весьма неровна и засыпана пористым пылевым слоем.

При посадке на астероиды малых размеров, особенно не шарообразной, а продолговатой, сигарообразной формы, центробежная сила, возникающая при вращении астероида, может превышать гравитационную, и любой незакрепленный предмет, находящийся на поверхности (космонавт, автоматическая станция с буровым станком), будет отброшен в космическое пространство. Только в том случае, когда разница между гравитационной и центробежными силами станет положительной, появится возможность работы и передвижения по поверхности астероида. Поэтому посадка станции и работа приборов посадочного отсека, включающих вездеход, механизм для бурения и сбора образцов, возвращаемую капсулу и телевизионное оборудование, наиболее удобны возле полюса — оси вращения астероида. Здесь центробежные силы на его поверхности наименьшие, а сила тяжести — максимальна. Эти соображения весьма важны для момента физического контакта станции и астероида: на полюсе при возможном отскоке станции во время посадки возрастает уверенность, что станция вместе с буровым станком не рикошетирует в космическое пространство.

На полюсах вращающихся астероидов возможны наибольшие скопления россыпного реголита заметной мощности. С удалением от полюса рыхлый реголит будет сметаться с поверхности астероида в космос, поэтому на периферии астероида вероятна встреча только скальных горных пород.

13.9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Без бурения немыслимо развитие кладовых Земли. Об этом ещё в 1742 г. М.В. Ломоносов писал, пропагандируя бурение как средство проникновения в земные глубины:

«Достигнув места, где с надеждой можно искать подземного богатства, должно показать некоторые способы как бы руд и камней достать под землею. Горной бурав или щуп к тому служит. Для извердывания слоев земных в небольшой глубине употребить можно обыкновенный бурав не очень завостровать и насадив его на тонкую жердь и приставить к высокому дереву. Перекинутою через сук веревкою можно поднимать и опускать для осмотра выбуравленной материи, а вертеть привязанными к жерди кляпами, кои ниже и выше по ней подвигать свободно».

За бурением будущее развития нашего общества. Освоить современное бурение предстоит нам, поколению нового столетия.

XXI век — век качественного подхода к использованию недр Земли, к добыче всех полезных ископаемых. В век совершенства мы должны технически и грамотно подходить к современному бурению на благо нашей страны.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5
Основные термины и понятия 13

1. ЭЛЕМЕНТЫ ГОРНОГО ДЕЛА 22
1.1. Общие сведения о горном производстве и горных предприятиях 22
1.2. Краткие сведения о горных породах и полезных ископаемых 28
1.3. Элементы залегания месторождений твердых полезных ископаемых 30
1.4. Запасы и потери полезных ископаемых при их разработке 35
1.5. Горные выработки 36
1.5.1. Вертикальные выработки 37
1.5.2. Горизонтальные выработки 39
1.5.3. Наклонные выработки 41
1.5.4. Камеры и очистные выработки 42

2. СВОЙСТВА И КЛАССИФИКАЦИИ ГОРНЫХ ПОРОД, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ РАЗРУШЕНИЯ ПРИ БУРЕНИИ И ВЗРЫВАНИИ 43
2.1. Свойства горных пород 43
2.2. Классификации горных пород 51
Классификация горных пород проф. М.М. Протодьяконова 51
Единая классификация горных пород по буримости 53

3. СОЗДАНИЕ СРЕДСТВ И СПОСОБОВ РАЗРУШЕНИЯ КРЕПКИХ ПОРОД БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ 61

3.1. Общие сведения 61
3.2. Порох как ВВ в минных камерах 65
3.3. «Царственная книга» 67
3.4. Открытие, совершенствование и применение дымного пороха 69
3.5. Развитие пороходелия в России 77
3.6. Зарождении теории 79
3.7. М.В. Ломоносов о природе взрыва 81
3.8. Изобретение и развитие применения бездымных порохов 85
3.9. Пироксилин 91

4. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БЕЗДЫМНЫХ ПОРОХОВ, ЭПОХА ДИНАМИТОВ А. НОБЕЛЯ И УЧЕНЫХ РОССИИ — МИРОВАЯ РЕВОЛЮЦИЯ В СОЗДАНИИ МОЩНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 93
4.1. Продолжение работ над бездымными порохами 93
4.2. Эпоха динамитов А. Нобеля и его промышленной деятельности 105

5. ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ В ГОРНОМ ДЕЛЕ 127
5.1. Общие сведения 127
5.2. Период применения взрывчатых веществ из невзрывчатых компонентов 133
5.3. Водосодержащие взрывчатые вещества 134
5.4. Эволюция смесей АС-ДТ 136
5.5. Разработка водосодержащих ВВ 140
5.6. Группа аммонитов 145
5.7. Хлоратиты и перхлоратиты 148
5.8. Краска-взрывчатка 150
5.9. Новые ВВ 151
5.10. Перспективы замены тротилсодержащих на бестротиловые промышленные ВВ гражданского назначения для горных предприятий на земной поверхности 155
Список литературы 160

6. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ИНИЦИИРОВАНИЯ ЗАРЯДОВ ВВ 161
6.1. Детонаторы 161
6.2. Средства воспламенения 168
6.3. Средства детонирования 169
6.4. Инициирующие взрывчатые составы 171
6.5. Огнепроводные средства 171
6.6. Детонирующие шнуры 173
6.7. Системы взрывания с ударно-волновыми трубками 174
6.8. Краткие исторические сведения об электровзрывании 177
6.9. Аппаратура электровзрывания промышленного назначения 184
Список литературы 188

7. ОСНОВЫ ДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВА НА РАЗРУШАЕМУЮ СРЕДУ 189
7.1. Основы теории 189
7.2. Ударные волны 193
7.3. Горение, взрыв, детонация 195

8. ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ 205
8.1. Угольные запасы на службе индустриализации страны 205
8.2. Железорудный фундамент цивилизации 211
8.3. Вольфрам и молибден 215
8.4. Золото, никель и другие металлы и минералы 217
8.5. Взрывы — строители дорог 220
8.6. Взрывы против лавин и селей 224

9. КАТАСТРОФЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ПРИМЕНЕНИИ ПОРОХОВ И ДИНАМИТОВ 233

10. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ ШКОЛЫ ВЗРЫВНОГО ДЕЛА . 243
Список литературы 259

11. ПОДГОТОВКА ГОРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ-ВЗРЫВНИКОВ 260

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УЧЕНЫХ
И ИНЖЕНЕРАХ-ВЗРЫВНИКАХ, СВЯЗАННЫХ
С ВЕДЕНИЕМ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ 267

БУРЕНИЕ — КЛЮЧ К ТАЙНИКАМ
И КЛАДОВЫМ НЕДР ЗЕМЛИ 357
13.1. Введение 359
13.2. История зарождения бурения 360
13.3. Развитие техники сверления 364
13.4. Бурение — сверление в древнем мире 369
13.5. Бурение в Японии, Греции, Индии 377
13.6. У истоков бурения в России 379
13.7. Бурение в наши дни 382
13.8. Бурение на Луне и других планетах 387
13.9. Заключение 410

Борис Николаевич
Кутузов

ИСТОРИЯ ГОРНОГО И ВЗРЫВНОГО ДЕЛА

Режим выпуска «стандартный»
Редактор текста *О.И. Сорокина*
Компьютерная верстка и подготовка
оригинал-макета *И.А. Вершинина*
Дизайн серии *Е.Б. Капралова*
Зав. производством *Н.Д. Уробушкина*
Диапозитивы изготовлены
в Издательстве МГГУ
Подписано в печать 16.07.2008.
Формат 60×90/16. Бумага офсетная № 1.
Гарнитура «Times». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 26,0. Тираж 1000 экз. Заказ 349
Издательство Московского
государственного горного
университета
Издательство «Горная книга»
Отпечатано в ОАО
«Московская типография № 6»
115088 Москва, ул. Южнопортовая, 24
Магниевые штампы изготовлены в Первой
Образцовой типографии

119991 Москва, ГСП-1, Ленинский проспект, 6,
Издательство МГГУ,
издательство «Горная книга»,
тел. (495) 236-97-80; факс (495) 956-90-40;
тел./факс (495) 737-32-65



ВЗРЫВНОЕ ДЕЛО