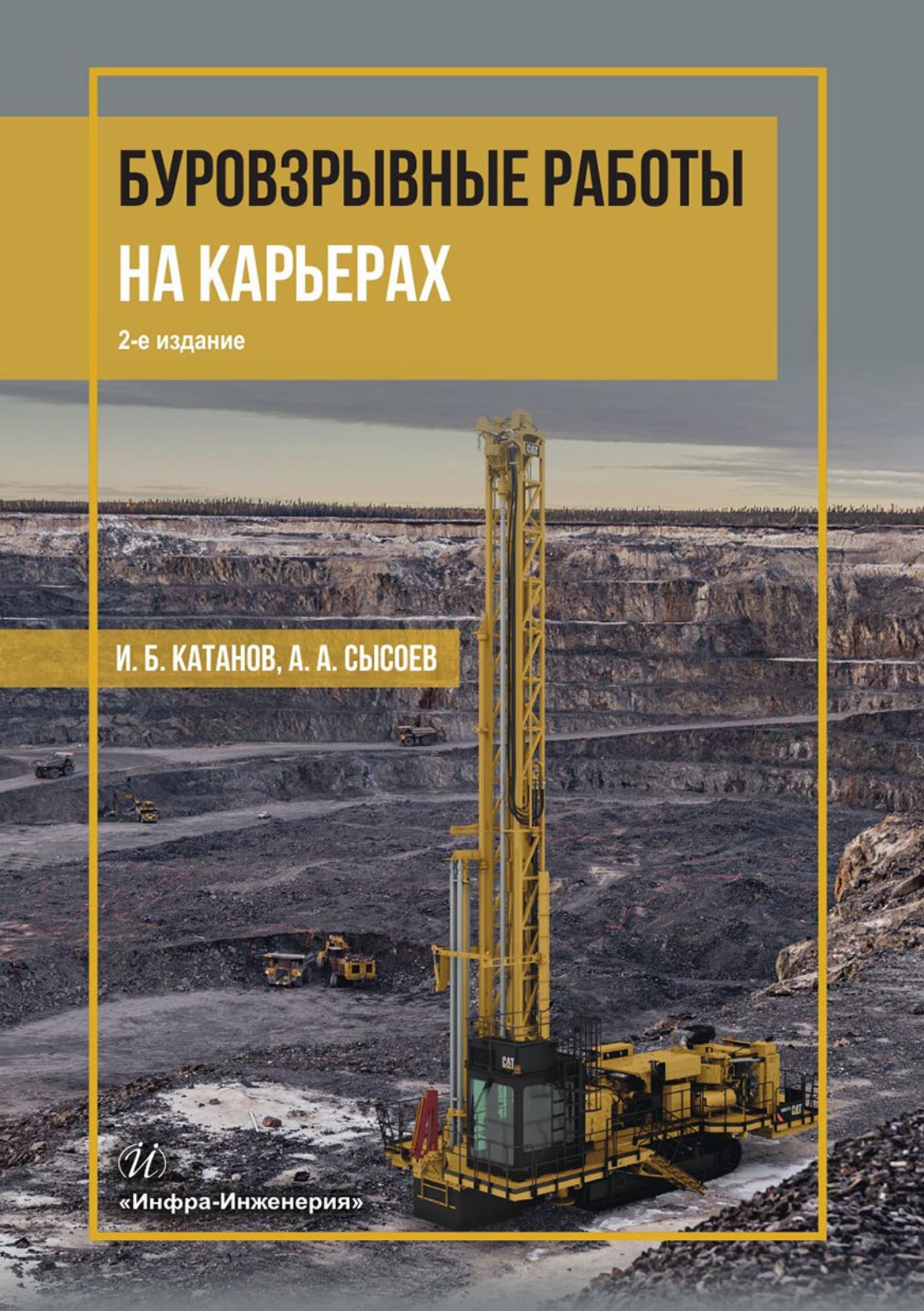
БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ НА КАРЬЕРАХ

2-е издание



И. Б. КАТАНОВ, А. А. СЫСОЕВ

«Инфра-Инженерия»

УДК 622.235:622.271.32
ББК 33.133:33.22
К29

Печатается по решению редакционно-издательского совета ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Рецензенты:
кафедра открытых горных работ и электромеханики ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (заведующий кафедрой кандидат технических наук, доцент *В. В. Чаплыгин*);
ведущий научный сотрудник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли
доктор технических наук, профессор *В. В. Иванов*

Катанов, И. Б.

К29 Буровзрывные работы на карьерах : учебное пособие / И. Б. Катанов, А. А. Сысоев. – 2-е изд. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. – 208 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-9729-2379-3

Рассмотрена совокупность операций, необходимых при взрывной подготовке горной массы к выемке на открытых горных работах. Освещены вопросы технологии и обеспечения безопасности взрывных работ, дано обоснование их экономической целесообразности.

Для студентов, изучающих горное дело. Может быть полезно специалистам в области горных работ.

УДК 622.235:622.271.32
ББК 33.133:33.22

ISBN 978-5-9729-2379-3

© Катанов И. Б., Сысоев А. А., 2025
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2025
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 6

Базовые термины 11

1. Условия ведения взрывных работ 14

1.1. Структурно-прочностные свойства вскрышных пород 14
1.1.1. Структура взрываемого массива 14
1.1.2. Оперативная оценка структуры слоистого массива 17
1.1.3. Прочностные свойства пород 20
1.1.4. Классификация вскрышных пород угольных разрезов 22
1.2. Обводненность вскрышных пород 24
1.2.1. Гидрогеологические условия ведения взрывных работ 24
1.2.2. Технологические показатели обводненности взрывных блоков 30
1.2.3. Оперативная оценка обводненности взрывных блоков 34
1.3. Основные показатели качества взрывной подготовки пород 35
1.4. Горнотехнические факторы, влияющие на качество взрывной подготовки пород 39
Рекомендуемая литература по разделу 45

Контрольные вопросы 45

2. Буровое оборудование 46

2.1. Вращательное бурение с режущим инструментом 46
2.2. Станки шарошечного бурения 48
2.3. Станки ударно-вращательного бурения 50
2.4. Буровые станки зарубежных фирм 52
2.5. Выбор диаметра бурения скважин 53
2.6. Требования безопасности при бурении скважин 54
2.7. Производительность буровых станков 56
2.8. Затраты на бурение 58
Рекомендуемая литература по разделу 60

Контрольные вопросы 60

3. Промышленные взрывчатые вещества 61

3.1. Краткая история создания взрывчатых веществ 61
3.2. Классификации взрывчатых веществ 62
3.3. Основные компоненты промышленных ВВ 67
3.4. Добавки к аммиачно-селитренным ВВ 69
Рекомендуемая литература по разделу 70

Контрольные вопросы 70

4. Технология и безопасность изготовления взрывчатых веществ 71

4.1. Гранулированные взрывчатые вещества 71
4.2. Водосодержащие взрывчатые вещества 79
4.3. Требования к обустройству стационарных пунктов приготовления ВВ 88
Рекомендуемая литература по разделу 90

Контрольные вопросы 90

5. Системы инициирования зарядов ВВ 91

5.1. Огневое и электроогневое инициирование зарядов 91
5.2. Инициирования зарядов при помощи детонирующего шнура 96
5.3. Неэлектрические системы инициирования 100
5.4. Инициирование зарядов ВВ электродетонаторами 107
5.5. Инициирование зарядов электронными детонаторами 114
5.6. Производство взрывов на карьерах по радиосигналу 119
5.7. Выбор времени замедления при короткозамедленном взрывании . 120
Рекомендуемая литература по разделу 126

Контрольные вопросы 126

6. Технология заряжания взрывных скважин 127

6.1. Конструкции скважинных зарядов 127
6.2. Расчетные параметры буровзрывных работ 131
6.3. Расчет параметров контурного взрывания 138
6.4. Рекомендации по направлению бурения скважин в зависимости от угла падения напластований 139
6.5. Оценка качества дробления породы взрывом 142
6.6. Процесс заряжания взрывных скважин 144
6.6.1. Общие положения технологии заряжания сухих и слабообводненных скважин 144
6.6.2. Осушающие машины 146
6.6.3. Механизированное заряжание скважин 155
6.6.4. Заряжание обводненных скважин 158
6.6.5. Механизированная забойка скважин 162
Рекомендуемая литература по разделу 166

Контрольные вопросы 166

7. Безопасность ведения взрывных работ 167

7.1. Безопасное расстояние по разлету отдельных кусков породы при взрывании скважинных зарядов рыхления 167
7.2. Безопасное расстояние для зданий и сооружений по сейсмическому действию взрыва 169

7.3. Безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны на здания и сооружения 173
7.4. Безопасное расстояние по действию УВВ на человека 175
7.5. Безопасное расстояние по действию ядовитых газов 176
Рекомендуемая литература по разделу 181
Контрольные вопросы 181

8. Типовой проект ведения взрывных работ 182
Рекомендуемая литература по разделу 189
Контрольные вопросы 189

Заключение 190
Список рекомендуемой литературы 190
Приложения 194
Приложение 1. Характеристики типов ВВ для открытых работ 194
Приложение 2. Пример расчета параметров БВР на угольных разрезах ... 195
Предметный указатель 205

1. УСЛОВИЯ ВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

1.1. Структурно-прочностные свойства вскрышных пород

Структурно-прочностные свойства горных пород являются основной группой природных факторов, в зависимости от которых выбираются технология производства и параметры взрывных работ. Для оценки эффективности технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых широкое распространение получили классификации горных пород. В качестве классификационных признаков принимают свойства пород, определяющие параметры того или иного технологического процесса, а сами свойства пород в этом случае принято называть технологическими.

Обычно свойства пород характеризуются некоторым количественным показателем, по которому породы подразделяются на классы или категории. По категориям пород нормируются расход основных и вспомогательных материалов, работа технологического оборудования, дается количественная оценка принимаемым решениям, определяется область применения технологии. В целом такое деление пород упорядочивает технологические расчеты.

В настоящее время широко распространены классификации, имеющие региональное и ведомственное значение. Они используются в отраслевых нормативных и руководящих технических документах.

1.1.1. Структура взрываемого массива

Для осадочных пород типичным является наличие трех систем трещин: трещин напластований и двух систем трещин, секущих напластования практически перпендикулярным напластованию, что обусловливает их блочную структуру (рис. 1.1). Секущие трещины *2* в слоях напластований *1* формируют в массиве блочную структуру из естественных отдельностей. Структуру породного массива и степень его трещиноватости принято оценивать *диаметром естественной отдельности.*

Существуют линейный, планиметрический и объемный способы определения среднего диаметра естественной отдельности. Соответственно при линейном – по линейному размеру куска. В этом случае размер естественной отдельности в ряде изданий учебной литературы принято определять *диаметром естественной отдель-*

ности d_e, численно равной среднему арифметическому длины a, ширины $b = 8a$ и толщины $c = 0,5a$ естественной отдельности. При планиметрическом – по площади куска, занимаемой им на фотопланограмме.

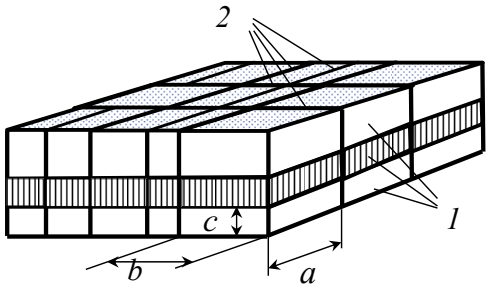


Рис. 1.1. Схема к определению диаметра естественной отдельности (пояснения в тексте)

При объемном методе предполагается, что взрываемый массив объемом V сложен N отдельностями, каждая из которых составляет объем ΔV_i $(i = 1,...,N)$. Тогда истинный диаметр средней по объему естественной отдельности составит

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \Delta V_i}. \qquad (1.1)$$

Из (1.1) видно, что $d_e^3 N = V$.

В общем случае для осадочных пород угольных разрезов существует статистическая закономерность для определения диаметра естественной отдельности при линейном, планиметрическом и объемном методе:

$$d_e = 1,53\, c_{\text{ср}} \left(1 + \frac{k}{3}\right), \qquad (1.2)$$

где $c_{\text{ср}}$ – среднее расстояние между трещинами напластования, м; k – коэффициент, равный 1; 2 или 3 соответственно при линейном, планиметрическом и объемном методах измерения естественных отдельностей.

Отсюда, например, видно, что диаметр естественной отдельности, установленный объемным методом, будет в 1,5 раза больше, чем соответствующее значение, установленное линейным методом. В дальнейшем, если это не оговорено специально, будем иметь ввиду

ду, что диаметр естественной отдельности, используемый в расчетах, был определен объемным методом.

Трещины горного массива могут быть заполнены воздухом, водой или частицами пород. В зависимости от минерального состава, содержания компонентов и трещиноватости массива, динамические свойства горных пород могут меняться в весьма широких пределах.

Одним из инструментов, позволяющим связать физико-механические свойства с технологическими параметрами взрывных работ, взаимосвязанных с удельным расходом ВВ, является классификация осадочных пород по степени трещиноватости в массиве. В горнотехнической литературе и практике горнорудной промышленности используется классификация горных пород Межведомственной комиссии по взрывному делу (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Классификация массивов горных пород по степени трещиноватости Межведомственной комиссии по взрывному делу

Категория трещиноватости	Степень трещиноватости (блочности) массива	Среднее расстояние между естественными трещинами, м	Скорость продольной волны, км/с	Количество трещин на 1 пог. м породы	Содержание, %, в массиве отдельностей размером, мм		
					+300	+700	+1000
I	Чрезвычайно трещиноватый (мелкоблочный)	< 0,1	0,4–1	> 10	< 10	0	0
II	Сильнотрещиноватый (среднеблочный)	0,1–0,5	1–2	2–10	10–70	< 30	< 5
III	Среднетрещиноватый (крупноблочный)	0,5–1,0	2–5	1–2	70–100	30–80	5–40
IV	Малотрещиноватый (весьма крупноблочный)	1,0–1,5	5–6	1–0,65	100	80–100	40–100
V	Практически монолитный (исключительно крупноблочный)	>1,5	6–7	< 0,65	100	100	100

1.1.2. Оперативная оценка структуры слоистого массива

Структура взрываемого массива характеризуется не только диаметром средней естественной отдельности, но и направлением и углом падения слоев, пространственным их положением относительно мощных прослоев породы. Уточнение внутренней структуры блока, подготавливаемого к проведению буровзрывных работ, может проводиться при помощи георадиолокационного обследования.

Метод георадиолокации основан на явлении отражения электромагнитной волны от границ неоднородностей в изучаемой среде, на которых скачкообразно изменяются такие свойства среды как электропроводность и диэлектрическая проницаемость. Излучаемые георадаром электромагнитные сверхширокополосные импульсы, распространяясь в обследуемой среде, отражаются от слоев массива и принимаются антенной, усиливаются, преобразуются в цифровой вид, обрабатываются компьютером, а далее информация визуализируется на мониторе.

Основными величинами, измеряемыми при георадарных исследованиях, являются время пробега электромагнитной волны от источника до отражающей границы и обратно до приемника, а также амплитуда этого отражения. Такими границами раздела в исследуемых средах являются, например, контакт между сухими и влагонасыщенными породами (уровень грунтовых вод), контакты между породами различного литологического состава, между породой и материалом искусственного сооружения, между мерзлыми и талыми, а также между коренными и рыхлыми породами.

Скорость распространения электромагнитной волны в разных материалах различна, поэтому, измеряя время пробега волн, и зная основные физические свойства пород в изучаемой среде, можно судить о строении массива. Максимальный контраст в диэлектрических проницаемостях наблюдается между воздухом и водой. Их соотношение в породе и будет, в основном, определять диэлектрическую проницаемость слоя. Сухие, монолитные, слабо трещиноватые породы имеют низкие значения диэлектрической проницаемости, а влагонасыщенные, проницаемые, пористые, трещиноватые породы, как правило, имеют высокие значения диэлектрической проницаемости и низкие значения скорости распространения электромагнитных волн.

Антенной прибора излучаются ультракороткие электромагнитные импульсы (единицы и доли наносекунды), которые имеют 1,0–1,5 периода квазигармонического сигнала и достаточно широкий спектр излучений. Центральная частота сигнала определяется типом антенны. Проходя через приповерхностные слои, некоторая часть энергии волны отражается от границы между пластами и направляется в обратном направлении к поверхности, а часть энергии, что осталась, проникает вглубь (рис. 1.2).

Для проведения обследования применяется, например георадар ОКО-2, который позволяет проводить зондирование массива на глубину от 10 до 16 м. В качестве основного блока управления, обработки и визуализации данных применяется блок управления и обработки.

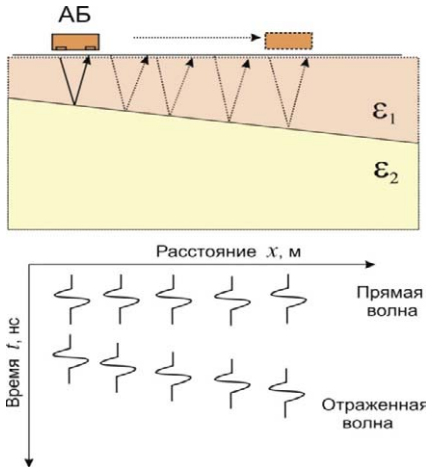


Рис. 1.2. Схема образования электромагнитных волн

Блок управления и обработки (БУО) сочетает в одном корпусе функции управления всеми режимами работы георадара и функции регистрирующего устройства с возможностью обработки и сохранения полученных от георадара данных. Для возбуждения и приема радиоволн используется наземная экранированная антенна АБ-90 с центральной частотой 90 МГц (рис. 1.1).

Антенный блок АБ-90 отличается от стандартных неэкранированных антенн структурой, в которой приемник и передатчик помещены в отдельные экранированные корпусы. Разрешающая способность антенны составляет от 0,35 до 0,5 м.

а б



Рис. 1.3. Георадар ОКО-2: а – внешний вид БУО; б – антенный блок с центральной частотой 90 МГц

Для примера (рис. 1.4) показана схема передвижения георадара. Направления передвижения георадара обозначены стрелками 71, 76 в начале и в конце обследуемого участка длиной 80 м.



Рис. 1.4. Фото площадки обследования

Результат обработки георадиолокационного обследования по одному из профилей обследуемого блока, на котором планируется бурение взрывных скважин, показан на рис. 1.5.

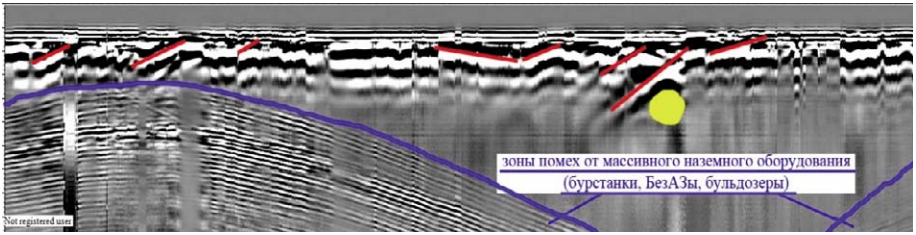


Рис. 1.5. Результат обработки георадиолокационного обследования по одному из профилей

Анализируя радарограммы, можно довольно точно установить положение границ слоев и других объектов в подповерхностных слоях, что в свою очередь позволит обосновать специальные техно-

логические мероприятия при проектировании взрывных работ, например, направление бурения скважин.

1.1.3. Прочностные свойства пород

Вскрышные породы чаще всего имеют осадочное происхождение, исходным материалом которых являлись разрушенные частицы магматических пород, перенесенных водой или ветром на значительные расстояния. Их отложения со временем уплотнялись, между частицами возникали капиллярные, адсорбционные, а в дальнейшем более прочные кристаллические связи. Процесс гравитационной консолидации и последующих метаморфических изменений привел к тому, что пески с крупностью зерен 0,10–2,0 мм превращались в песчаники, а затем в кварциты. Частицы с более мелкими зернами размером 0,01–0,10 мм преобразовывались в алевролиты, а глины – в аргиллиты с крупностью менее 0,01 мм.

Для определения состояния горных пород, как многокомпонентной среды, существует характеристика средней плотности:

$$\rho = \alpha_1\rho_1 + \alpha_2\rho_2 + \alpha_3\rho_3 = \frac{m}{V}, \qquad (1.3)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – содержание по объему твердой, жидкой и газообразной фазы, доли ед.; ρ_1, ρ_2, ρ_3 – плотность твердой, жидкой и газообразной компоненты, г/см^3; m – суммарная масса трех фаз, г; V – общий объем, см^3.

В естественном состоянии горные породы содержат фиксированные по объему доли газообразного α_1, жидкого α_2, твердого α_3 компонентов. Поскольку в единице объема горной породы выполняется условие $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$, а плотность каждого из компанентов при атмосферном давлении известна и составляет для воздуха $\rho_1 = 1{,}2 \cdot 10^{-3}$ г/см^3, для воды $\rho_2 = 1$ г/см^3, а твердого (типа кварца), как основного элемента осадочных пород, $\rho_3 = 2{,}65$ г/см^3, то средняя плотность ρ горных пород колеблется в пределах 2,3–2,6 г/см^3.

Минеральный состав и строение горных пород определяют их физико-механические свойства, оказывающие большое влияние на эффективность основных технологических процессов при разработке месторождений.

Прочность – одно из основных механических свойств горных пород, она характеризует их способность в определенных условиях воспринимать те или иные силовые воздействия, не разрушаясь. Критериями прочности являются временные сопротивления одноосному сжатию ($\sigma_{сж}$), растяжению ($\sigma_{раст}$), сдвигу ($\sigma_{сдв}$).

Наибольшее сопротивление горные породы оказывают сжатию, меньшее – сдвигу и наименьшее – растяжению.

Крепость – способность породы сопротивляться разрушению от действия внешних сил при различных технологических процессах разрушения (бурение, резание, взрывание и др.). Крепость зависит от прочности, твердости, вязкости, упругости, минералогического состава, структуры породы, трещиноватости и других факторов. Впервые необходимость совокупной количественной оценки сопротивляемости пород разрушению для целей ведения горных работ была обоснована проф. М. М. Протодьяконовым (старшим), создавшим известную шкалу относительной крепости горных пород. За единицу крепости ($f = 1$) была выбрана порода с временным сопротивлением одноосному сжатию, равным 10 МПа, при раздавливании на прессе породного кубика. Все горные породы по этой классификации разделены на десять категорий: с коэффициентом крепости от $f = 20$ для первой категории (наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты и др.) до $f = 0{,}3$ для десятой категории (плывуны, разжиженный грунт и др.).

Взрываемость горных пород характеризуется сопротивляемостью пород взрывному разрушению. В соответствии с методологией В. В. Ржевского взрываемость определяется величиной *эталонного удельного расхода ВВ*. Количество эталонного ВВ (аммонит № 6 ЖВ или граммонит 79/21), которое помещено в центре монолитного куба породы с ребром 1 м и при взрыве разрушает его на 8 частей с размером 0,5 м, определяет эталонный удельный расход ВВ (г/м^3):

$$q_э = 0{,}2(\sigma_{сж} + \sigma_{сдв} + \sigma_{раст}) + 0{,}002\gamma, \qquad (1.4)$$

где $\sigma_{сж}$, $\sigma_{сдв}$, $\sigma_{раст}$ – предел прочности породы на сжатие, сдвиг и растяжение, МПа; γ – плотность породы, кг/м^3.

По величине эталонного удельного расхода ВВ все горные породы по взрываемости разделены на 5 классов, каждый класс включает 5 категорий: I класс – легковзрываемые породы ($q_э \le 20$ г/м^3); II класс – средневзрываемые породы ($q_э = 20{,}1$–40 г/м^3); III класс –

трудновзрываемые породы ($q_э$= 40,1–60 г/м^3); IV класс – весьма трудновзрываемые породы ($q_э$ = 60,1–80 г/м^3); V класс – исключительно трудновзрываемые породы ($q_э \geq 80$ г/м^3).

Акустические свойства горных пород определяют характер распространения упругих волн. Основными из них являются скорости распространения продольных, поперечных и поверхностных волн. Скорость распространения продольных волн примерно в 1,7–1,9 раза больше, чем поперечных, и в 2 раза больше, чем поверхностных. В практических вопросах проектирования промышленных взрывов при открытой разработке месторождений чаще всего требуется скорость распространения продольных волн.

1.1.4. Классификация вскрышных пород угольных разрезов

Эффективность производственных процессов в значительной степени определяется структурно-прочностными, упругими и акустическими характеристиками пород. Закономерности их изменения во взаимосвязи с геолого-генетическими признаками предопределяют возможность классификации вскрышных пород разрезов по блочности. Классификация вскрышных пород угольных разрезов, разработанная Кузбасским политехническим институтом, представлена в табл. 1.2.

В соответствии с этой классификацией вскрышные породы угольных разрезов разделены на пять категорий по блочности от мелкоблочных до исключительно крупноблочных. Каждая категория характеризуется как свойствами «в куске» (плотность, временное сопротивление сжатию), так и свойствами массива (диаметр средней естественной отдельности, содержание фракции +1000 мм, модуль упругости, акустическая жесткость). Классификация используется в отраслевых нормативно-методических документах при обосновании параметров и показателей технологических процессов и схем ведения горных работ.

В основу классификации были положены структурные (диаметр средней естественной отдельности) и прочностные (временное сопротивление сжатию $\sigma_{сж}$) характеристики, а также акустические свойства массива, которые главным образом определяют сопротивляемость пород взрывному разрушению.

Таблица 1.2

Классификация вскрышных пород угольных разрезов по блочности

Категория пород по блочности	Блочность пород. Петрографическая характеристика основных литотипов пород	Физико-механические свойства		Структурные свойства	Упругие и акустические свойства массива	
		плотность, $т/м^3$	временное сопротивление сжатию, МПа	диаметр средней естественной отдельности, м	модуль упругости, МПа	скорость продольных волн, м/с
I	Мелкоблочные. Мелкоблочные алевролиты, аргиллиты, углистые песчаники, алевролиты	2,3–2,45	< 40	< 0,8	< 20	< 1200
II	Среднеблочные. Аргиллиты, алевролиты на глинистом цементе. Переслаивание песчаника с алевролитом. Песчаники на глинистом цементе	2,4–2,5	40–60	0,8–1,2	20–35	1200–1500
III	Крупноблочные. Алевролиты на карбонатном и карбонатно-глинистом цементе. Переслаивание песчаника с алевролитом. Конгломераты и гравелиты	2,43–2,52	60–80	1,2–1,6	35–50	1500–1800
IV	Весьма крупноблочные. Алевролит на карбонатном цементе. Разнозернистые песчаники с повышенным содержанием в цементе кремнистого и карбонатного материала	2,45–2,55	80–100	1,6–2,0	50–65	1800–2000
V	Исключительно крупноблочные. Алевролит карбонатный. Разнозернистые песчаники с высоким содержанием кремнистого и карбонатного материала	2,5–2,6	> 100	> 2	> 65	> 2000

Наличие в классификации такого показателя, как акустическая жесткость, позволяет в совокупности с другими характеристиками горной среды аналитически рассмотреть принципы управления взрывом, особенности передачи взрывного импульса и распространения волн напряжений в массиве в зависимости от конструктивных изменений скважинного заряда.

По статистическим данным соотношение пород по блочности в среднем по разрезам Кузбасса составляет: мелкоблочные – 39 %; среднеблочные – 42 %; крупноблочные – 16 %; весьма крупноблочные и исключительно крупноблочные – 4 %.

Свойства вскрышных пород в значительной степени предопределяют производительность основного горнотранспортного оборудования и эффективность всех технологических процессов.

В производственных условиях отнесение вскрышной породы к той или иной категории по блочности можно выполнить по одному из двух классификационных признаков – прочности породы на одноосное сжатие ($\sigma_{сж}$, МПа) или диаметру средней по объему естественной отдельности (d_e, м).

Исторически сложилось так, что с этой целью используется также введенный проф. М. М. Протодьяконовым безразмерный показатель крепости породы (f, ед.), численное значение которого составляет

$$f = 0{,}1\sigma_{сж}. \qquad (1.5)$$

Для классификации вскрышных пород угольных разрезов по блочности между средним диаметром естественной отдельности и крепостью породы по шкале проф. М. М. Протодьяконова существует статистически обоснованная взаимосвязь:

$$d_e = 0{,}2f \text{, а с учетом (1.5) } d_e = 0{,}02\sigma_{сж}. \qquad (1.6)$$

1.2. Обводненность вскрышных пород

1.2.1. Гидрогеологические условия ведения взрывных работ

Гидрогеологические условия ведения взрывных работ являются одним из факторов природного характера, влияющим на качество подготовки вскрышных пород. Массив вскрышных пород, как объект подготовки к выемке, представляет собой совокупность есте-

ственных отдельностей с различной степенью связности и обводненности. Наряду со структурно-прочностными свойствами вскрышных пород существенное влияние на выбор и обоснование параметров взрывных работ оказывает обводненность горного массива. Не учитывать этот природный фактор нельзя, поскольку в каждой второй скважине в той или иной мере присутствует вода.

Обводненность месторождения характеризуется совокупностью факторов, определяющих сложность проведения горных выработок: величиной притока воды и пьезометрического напора над выработками, водоотдачей горных пород и их устойчивостью к размывающему и растворяющему действию воды. На увеличение обводненности непосредственно буровзрывного блока существенно влияют разрывные нарушения и трещиноватость массива горных пород. При взрывании вскрышных блоков на угольных разрезах не всегда учитываются гидрогеологические, горнотехнические и природные факторы.

Технология и организация взрывных работ при подготовке обводненных вскрышных пород к выемке на разрезах является более сложной и более затратной по сравнению с технологией взрывных работ в необводненных условиях. Производительность треда при этом заметно снижается, а затраты на буровзрывную подготовку горной массы увеличиваются на 20–30 %.

Гидрогеологические факторы проявляются при выборе ассортимента взрывчатых материалов, обосновании технологии заряжания скважин и способов формирования зарядов, при выборе технических средств и технологических мероприятий по снижению негативного влияния обводненности.

Наличие воды в скважинах препятствует формированию рекомендуемых наукой и апробированных на практике конструкций скважинных зарядов, которые обеспечивают качественную подготовку горной массы к выемке. Это относится к средствам рассредоточения зарядов при наличии воды, их гидроизоляции в случае использования неводоустойчивых ВВ, а также средств и способов забойки сильнообводненных скважин.

Изученность обводненности горного массива позволяет использовать технические мероприятия, которые повышают технико-экономические показатели угольных разрезов. После определения закономерностей влияния различных факторов на обводненность

массива горных пород можно установить параметры подготовки взрывного блока, при которых влияние обводненности будет существенно снижено.

На обводненность буровзрывных блоков угольных разрезов влияют следующие факторы:

– геологические – трещиноватость, блочность горных пород;

– гидрогеологические – водоносность горных пород, коэффициент водообильности карьера, водопроницаемость горной породы, скорость и коэффициент фильтрации;

– горнотехнические – высота и профиль рабочего борта разреза, параметры элементов уступа, геометрические параметры буровзрывного блока;

– климатические и сезонные факторы – количество атмосферных осадков, интенсивность дождей, максимальное значение высоты столба воды в период апрель – август.

От первых трех факторов зависит уровень грунтовых вод в массиве горных пород. Последний фактор влияет на наличие в скважинах и массиве поверхностных вод. Горнотехнические факторы обводненности массивов не влияют на изменение водообильности угольных разрезов в течение года.

Мероприятия, направленные на снижение негативного влияния обводненности на технологические процессы открытой разработки месторождений, можно условно разделить на три группы:

– общекарьерные, обеспечивающие снижение обводненности в масштабах карьера в целом или отдельного его участка;

– локальные, охватывающие некоторую относительно небольшую часть фронта горных работ или отдельный взрывной блок;

– процессные, связанные с адаптацией технологических процессов к фактически существующим условиям обводненности.

Общекарьерные мероприятия по осушению направлены на снижение уровня подземных вод посредством проведения специальных выработок: траншей, сети подземных выработок и скважин. Способы осушения должны выбираться в зависимости от гидрогеологических свойств горных пород и уровня грунтовых вод.

Различают три способа осушения месторождения:

– поверхностный способ осушения – производится с помощью вертикальных водопонижающих, водопоглощающих и горизонтальных опережающих дренажных скважин;

– подземный способ осушения – предусматривает проведение на месторождении или участке открытых работ шахтных стволов и штреков с расчетом осушения всей залежи полезного ископаемого и перекрывающих их пород в пределах технической границы карьеров;

– комбинированный способ – объединяет мероприятия поверхностного и подземного способов осушения.

Локальные дренажные системы для отдельных блоков являются временными на период бурения основной системы скважин и их зарядки. Создание локальной дренажной системы возможно, например, путем предварительного контурного взрывания, с помощью которого создается щель по проектному контуру уступа, являющаяся своеобразным препятствием для движения грунтовых вод.

Процессные мероприятия снижения уровня воды в скважинах ограничиваются в настоящее время путем простой откачки воды с использованием осушающих машин. Более подробно этот способ будет рассмотрен в последующих разделах.

С технологической точки зрения взрывные скважины делятся на ***сухие*** и ***обводненные***.

К сухим относятся скважины, которые могут быть заряжены простейшими неводоустойчивыми ВВ без каких-либо дополнительных мероприятий, связанных с защитой заряда ВВ от воды.

Обводненные скважины различаются как по высоте столба воды, так и по водообильности, что связано с гидрогеологическими характеристиками массива горных пород в границах карьерного поля, наличием поверхностных вод и атмосферными осадками.

В зависимости от степени обводненности разрабатываемого месторождения к сухим относят скважины, в которых уровень воды $h_{в1}$ находится в пределах перебура $h_{п}$ и приток в скважины практически отсутствует. К частично обводненным относят скважины, в которых высота столба воды $h_{в1}$ достигает половины высоты скважины $l_{скв}$ и притоком в скважину до 12 л/мин. Обводненными считают скважины с уровнем столба воды $h_{в2}$, $h_{в3}$ более половины ее высоты и притоком более 12 л/мин (рис. 1.6).

Сухие скважины, как правило, находятся на верхних горизонтах. Частично обводненные скважины распространены более широко. На верхних горизонтах их обводненность связана с количеством

атмосферных осадков и при осушении таких скважин уровень воды практически не восстанавливается, а на нижних горизонтах частично обводненные скважины чаще обнаруживаются вблизи откосов уступов. Скорость фильтрации в таких скважинах не превышает 0,45 м/сутки, а время восстановления гидростатического уровня воды после откачки составляет более трех суток. Эти скважины целесообразно осушать перед их заряжанием ВВ.

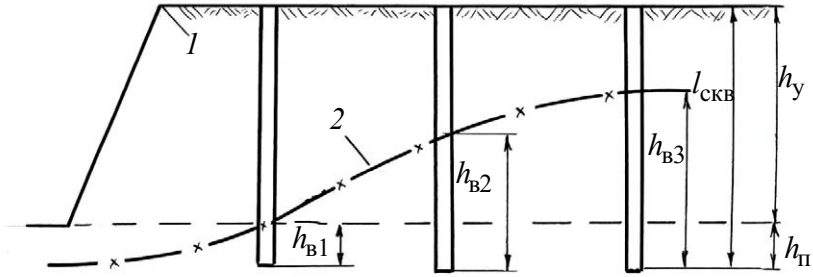


Рис. 1.6. Средний уровень воды во взрывных скважинах: 1 – верхняя бровка уступа; 2 – уровень подземных вод; $h_п$ *– перебур;* $h_{в1}, h_{в2}, h_{в3}$ *– уровень столба воды в скважинах;* $l_{скв}$ *– глубина скважины;* $h_у$ *– высота уступа*

Проточные воды характерны для слаботрещиноватых пород со скоростями фильтрации более 0,45 м/сутки. При откачке воды из таких скважин гидростатический уровень в них восстанавливается практически полностью.

Гидрогеологическая характеристика угольных месторождений показывает, что обводненность коренных пород зависит от литологического состава пород, трещиноватости и гипсометрического положения относительно рельефа местности. Наиболее обводненными являются песчаники в зоне физического выветривания до глубины 80–120 м, а иногда и более 200 м. Несмотря на хаотическое расположение трещин, затухание их всегда направлено от дневной поверхности. Вследствие этого на водоразделах, где движение вод совпадает с направлением затухания тектонических трещин, последние подвергаются кальматации глинистым материалом, принесенным из верхней наиболее разрушенной части.

Районирование угольных разрезов по обводненности указывает на то, что вскрышные породы разрезов Кузбасса обводнены в среднем на 28–35 %.

В технической литературе описаны различные подходы к оценке обводненности массива. В ряде случаев предлагается оценку обводненности проводить по притоку и высоте столба воды во взрывных скважинах.

На основании изучения гидродинамического режима подземных вод для практического использования конструкций скважинных зарядов в условиях открытых горных работ применяется классификация взрывных скважин по обводненности, в которой увязаны скорость фильтрации, обусловливающая интенсивность восстановления гидростатического уровня, и высота столба воды в скважине. (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Классификация взрывных скважин по обводненности

Характеристика обводненности	Гидродинамический режим		
	Скорость фильтрации, м/сут	Время восстановления уровня, ч	Максимальный приток воды в скважины, л/ч
1 группа. Сухие ($h_в < 0,1H_у$)	До 0,1	Более 96	0–72
2 группа. Частично обводненные скважины ($0,1H_у < h_в < 0,5H_у$)	0,1–0,45	24–72	72–150
3 группа. Обводненные ($h_в > 0,5H_у$)	Более 0,45	Менее 24	Более 150

Скважины условно подразделяют на три группы, определяющих конструкцию скважинного заряда:

- в сухих скважинах – сплошная или рассредоточенная воздушными промежутками колонка заряда из ВВ одного типа;
- в частично обводненных скважинах – комбинированные заряды из водоустойчивых ВВ в обводненной части скважины и неводоустойчивые ВВ выше гидростатического уровня;
- в обводненных скважинах, когда высота столба воды равна или больше длины заряда, весь заряд формируется либо из водоустойчивого ВВ, либо из неводоустойчивого ВВ в гидроизолирующей оболочке.