

6
А-29

АКАДЕМИЯ НАУК КИРГИЗСКОЙ ССР
ОТДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ И МЕХАНИКИ ГОРНЫХ ПОРОД

На правах рукописи

Горный инженер В. П. УЛЫБИН

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ
СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД
И ИЗЫСКАНИЕ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ
ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВОВ НА ЗАКОНТУРНЫЙ
МАССИВ**

**312 ОТКРЫТАЯ РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
УГОЛЬНЫХ, РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Фрунзе
1968

АКАДЕМИЯ НАУК КИРГИЗСКОЙ ССР
ОТДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ И МЕХАНИКИ ГОРНЫХ ПОРОД

На правах рукописи

Горный инженер В. П. УЛЫБИН

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ
СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД
И ИЗЫСКАНИЕ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ
ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВОВ НА ЗАКОНТУРНЫЙ
МАССИВ

312 ОТКРЫТАЯ РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
УГОЛЬНЫХ, РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Фрунзе
1968

6.
1-29
Работа выполнена в лаборатории открытых горных работ института Унипромедь, экспериментальные исследования проводились на Сибайском, Гайском, Учалинском и Златоуст-Беловском карьерах.

Научный руководитель:
кандидат технических наук КУЗНЕЦОВ Г. В.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук МОСИНЕЦ В. Н.
кандидат технических наук ПОДОЙНИЦЫН Е. М.

Ведущее предприятие —
Учалинский горно-обогатительный комбинат.

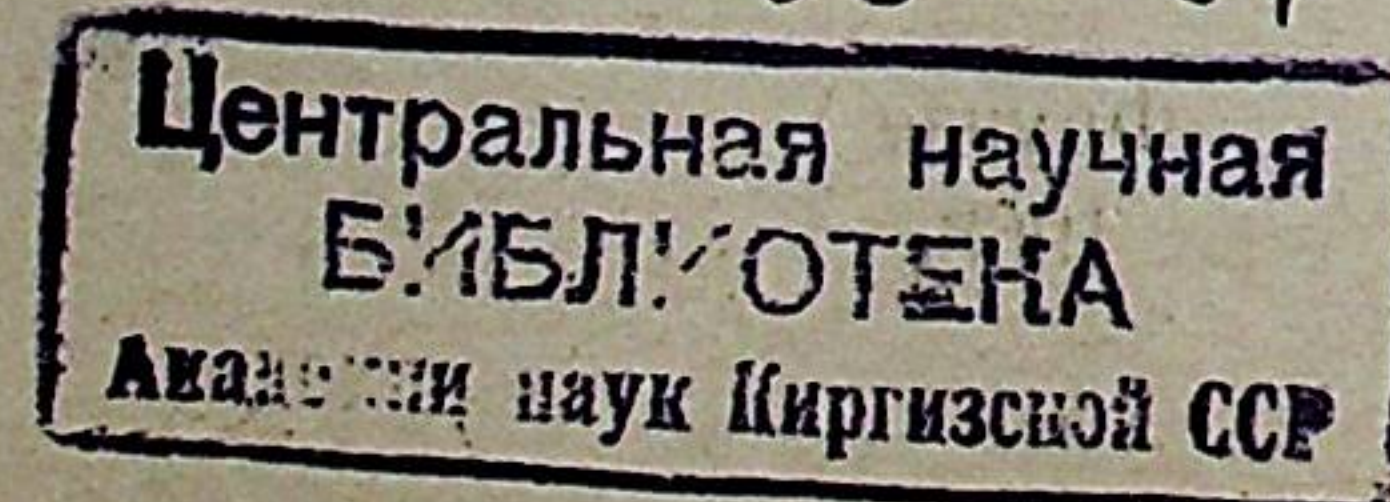
Автореферат разослан « 10 » октября . . . 1968 г.

Защита диссертации состоится « 29 » ноября 1968 г.
на заседании Объединенного Ученого Совета Отделения естественных и технических наук Академии Наук Киргизской ССР.
г. Фрунзе, ул. XXII партсъезда, 267-а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института физики и механики горных пород АН Киргизской ССР.

Ученый секретарь
Объединенного Ученого Совета
кандидат химических наук АФАНАСЬЕВ В. А.

330057



ВВЕДЕНИЕ

Меднорудные карьеры Урала являются одними из ведущих горных предприятий Советского Союза, имеющих важное значение в выполнении поставленных XXIII съездом КПСС задач по увеличению добычи руд цветных металлов открытым способом к 1970 г. в 1,5 раза. Успешное решение выдвинутых задач возможно лишь на основе резкого повышения производительности труда, обеспечения ритмичной работы предприятия, внедрения экономичных и безопасных методов отработки месторождений. Разработка меднорудных месторождений открытым способом, достигающих глубины 300—500 м, связана со значительными трудностями в связи с многообразием горных пород при наличии сильной их перемежаемости и интенсивной трещиноватости, нестабильностью прочностных характеристик с глубиной и др. Одним из главных факторов, оказывающих значительное влияние на изменение прочностных свойств массива и его состояние, являются взрывные работы. Поэтому правильность решения вопросов по обеспечению сохранности массива скальных пород при ведении горных работ в приконтурной части карьера приобретает важное значение. При несоблюдении определенных мер предосторожности может наблюдаться значительное деформирование уступов и бортов карьеров в виде обрушений и оползней, на ликвидацию которых, как показывает опыт работы предприятий, затрачиваются большие материальные средства.

Недостаточная изученность вопроса о степени воздействия взрывов на массив скальных горных пород диктует необходимость проведения исследований в этом направлении.

В связи с этим, целью настоящей работы является изучение основных закономерностей распространения сейсмозрывных волн в близкой зоне взрыва, установление количественных закономерностей деформирования массива горных пород, выявление границ нарушаемости породного массива за линию взрывных скважин и разработка мероприятий, обеспечивающих мак-

симальное снижение величины воздействия взрывов за контуром рыхления.

Работа выполнялась путем обобщения и анализа имеющихся материалов по рассматриваемым вопросам, проведения экспериментальных исследований в лабораторных и производственных условиях.

Экспериментальные исследования проводились на Сибайском, Гайском, Учалинском, Златоуст-Беловском, Аненском и Блявинском карьерах.

Работа состоит из введения, 5 глав, заключения и приложения.

Диссертация содержит 210 страниц машинописного текста, 42 рисунка и 90 страниц приложения в виде таблиц с экспериментальными данными и выполненными расчетами.

ГЛАВА I. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОПЫТА РАБОТЫ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ВОПРОСАМ СНИЖЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВОВ НА МАССИВ СКАЛЬНЫХ ПОРОД

1. Приводится краткий обзор ранее выполненных исследований по вопросам деформирования скальных пород при взрывах, определению границ нарушаемости породного массива за контуром рыхления, по изучению величины сейсмического эффекта в близкой зоне взрыва.

2. Рассматриваются горно-технические и геологические особенности ведения горных работ при подходе к предельному контуру на ряде меднорудных карьеров Урала и Казахстана, приводятся сводные таблицы по прочностным характеристикам горных пород, основные параметры буровзрывных работ, применяемые на карьерах при отработке приконтурных лент, а также дается краткое описание имеющихся случаев деформирования законтурного массива и их причины.

Краткий обзор исследуемых вопросов позволил установить следующее:

а. Большинство исследований по изучению характера и степени деформирования скальных горных пород, в основном, относятся к области рыхления в очаге взрыва.

Действие взрыва на массив горных пород за контуром рыхления оценивалось, в основном, по видимым нарушениям по по-

верхности массива, а в глубине — по изменению вместимости заряда ВВ в скважинах и в отдельных случаях по изменению коэффициента фильтрации и величине остаточных подвижек с использованием глубинных реперов. Исследователями получены данные по деформированию для отдельных типов пород, количественные зависимости которых не представляется возможным распространять на другие типы пород, т. к. они носят частый характер.

Детальных же исследований по установлению основных закономерностей деформирования скальных горных пород за контуром рыхления по глубине уступа и определению границ зон нарушений в зависимости от свойств исследуемой среды, условий взрывания, диаметра скважин, типа ВВ и др. не выявлено.

б. Исследованиями сейсмического эффекта в ближней зоне взрыва в карьерных условиях посвящены работы С. И. Попова, П. С. Миронова, Г. В. Кузнецова, Н. У. Турута, Ю. Л. Благодаренко, А. Г. Сисина, Н. И. Охрименко и ряда других, однако основное внимание в них уделяется вопросам обеспечения сохранности бортов карьеров, зданий и различных сооружений. В данных исследованиях мало уделялось внимания определению параметров колебаний грунта в близкой зоне взрыва в области наблюдаемых остаточных деформаций по поверхности и глубине массива.

Не сделана оценка эффективности существующих методов снижения величины сейсмозффекта взрыва в непосредственной близости от взрыва, не разработано надежных мероприятий, обеспечивающих сохранность законтурного массива от разрушений.

в. Существующие на горных предприятиях методы ведения буровзрывных работ при отработке приконтурной ленты не обеспечивают надежного снижения воздействия взрыва на породный массив, о чем свидетельствует опыт работы карьеров и анализ исследований в данном направлении.

г. Исследование вопросов по изысканию методов резкого снижения воздействия взрывов на массив горных пород при отработке приконтурных целиков и оформлении откосов уступов и бортов карьеров в предельном положении имеет большое значение для промышленности.

На основании сделанных выводов обоснованы и поставлены цель и задачи исследований.

ГЛАВА II. ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ ГРАНИЦ ЗОНЫ НАРУШАЕМОСТИ ПОРОДНОГО МАССИВА ПРИ МАССОВЫХ ВЗРЫВАХ В КАРЬЕРЕ

Зона деформирования массива горных пород зависит от интенсивности волнового движения, т. к. распространяющиеся сейсмозрывные волны являются основным энергоносителем.

В связи с этим, исследуя вопрос деформирования законтурного массива, были выполнены работы по установлению основных закономерностей изменения величины сейсмического колебания грунта в близкой зоне взрыва.

Исследования по решению поставленных задач выполнялись в полигонных и промышленных условиях.

Величина заряда ВВ в полигонных условиях изменялась от 1 до 80—100 кг, а в промышленных — от 1—2 до 30—40 т при двух—четырёхрядном расположении скважин, мгновенном и короткозамедленном способах взрывания. В общей сложности при опытных работах было зарегистрировано около 100 промышленных и 50 опытных взрывов, получено и обработано около двухсот осциллограмм.

В качестве регистрирующей аппаратуры использовались сейсмоприемники ВВП-3, ВИБ-V, ВЭГИК и СПЭД-62м, которые устанавливались на расстоянии от 5—10 до 100 м от места взрыва.

Запись колебаний осуществлялась на осциллографы Н-700.

В лабораторных условиях для определения скорости распространения упругих волн в образцах горных пород применялась импульсная полевая аппаратура ИПА.

Обработка полученных экспериментальных данных производилась с использованием методов математической статистики, а оценка достоверности полученных результатов — по формулам теории вероятности.

Скорость колебания грунта. Ввиду большого разнообразия скальных горных пород на данных месторождениях, изменение скорости колебания грунта в близкой зоне взрыва устанавливалось отдельно для каждого типа пород с одновременным определением некоторых их упругих свойств и в частности акустической жесткости $A = C_p \cdot \gamma$ (C_p — скорость продольной волны; γ — плотность породы). Исследования проведены для 10 типов горных пород, акустическая жесткость которых изменялась от $7 \cdot 10^5$ до $16 \cdot 10^5$ г/см²·сек, при мгновенном и короткозамедленном способах взрывания. Обработка полученных

данных позволила установить основные закономерности изменения скорости смещения грунта на различном удалении от места взрыва в зависимости от свойств горных пород.

Установленные зависимости имеют вид

$$V = K \left(\frac{r}{\sqrt{Q}} \right)^{-v}, \quad (12)$$

где K — эмпирический коэффициент, зависящий от свойств среды, условий наблюдений и технологии ведения буровзрывных работ, варьирует в пределах от 50 до 650; v — показатель затухания колебаний грунта во времени и с расстоянием от места взрыва — в пределах от 1,06 до 2,1.

Исследования показывают, что в данном случае одними из основных факторов, влияющих на определение доли перехода общей энергии взрыва в энергию упругой деформации и кинетическую энергию являются акустическая жесткость и динамическая сжимаемость среды. С повышением акустической жесткости и динамической сжимаемости среды происходит возрастание энергетических затрат на преодоление сил упругой и пластической деформаций в горном массиве, в связи с чем уменьшаются затраты кинетической энергии, направленные на интенсивное колебание среды. Этим же объясняется неодинаковое затухание волн напряжений в породах с различной акустической жесткостью.

Так, например, в горных породах с увеличением акустической жесткости (A) с $8 \cdot 10^5$ до $16 \cdot 10^5$ г/см²·сек скорость колебания грунта уменьшается в 3—6 раз при мгновенном способе и в 5—8 раз при короткозамедленном способе взрывания в зависимости от приведенного расстояния $\left(\rho = \frac{r}{\sqrt{Q}} \right)$.

В работе приводится номограмма по определению скорости колебания грунта на любом расстоянии от места взрыва с учетом акустической жесткости среды, способа взрывания и величины взрываемого заряда ВВ для порядной схемы взрывания вертикальных скважин диаметром 220—250 мм с количеством групп взрывания до 4—5.

Выполнены специальные исследования по определению затухания скорости колебаний грунта по глубине на высоту уступа. Установлено, что характер затухания сейсмических колебаний грунта по глубине в значительной мере зависит от сте-

пени нарушенности массива, размеров деформируемых зон и приведенного расстояния. Например, в диабазовых порфиритах с $A = 9 \cdot 10^5 \text{ г/см}^2 \text{ сек}$ при взрыве заряда ВВ мощностью 5 т, скорость колебания грунта на глубине 10 м уменьшается почти в 5 раз, причем до глубины 5 м наблюдается наиболее интенсивное затухание. Приводятся графики изменения интенсивности колебания грунта с глубиной в массиве скальных горных пород с учетом различных факторов. Данные закономерности объясняются увеличением акустической жесткости и величины динамической сжимаемости среды с глубиной от поверхности массива. Установленные данные амплитудных значений скорости колебаний по отдельным составляющим показывают, что наибольшие колебания в поверхностных слоях массива наблюдаются по составляющим V_x и V_z , а в глубине — по составляющим V_x^* и V_y . Такое распределение колебательного движения в тыл от взрыва способствует смещению пород в верхней части уступа в направлении к свободной поверхности под некоторым углом.

Деформирование породного массива

Отрыв за линией скважин. Величина отрыва породного массива за линией скважин может изменяться в пределах от 1—2 до 6—8 м в зависимости от прочностных характеристик пород, диаметра и угла наклона скважин, коэффициента сближения скважин, числа взрываваемых рядов.

В работе приводятся эмпирические зависимости по определению величины отрыва массива для различных типов пород с учетом указанных факторов.

Трещинообразование в массиве горных пород. Характер и степень видимых нарушений на поверхности массива в виде трещин, заколов, подвижек и т. д. зависит от многих факторов и в первую очередь от веса заряда ВВ в блоке, способа взрывания и акустической жесткости среды. Наблюдения проводились в 10 типах горных пород с $A = (7,7 \div 16,3) \cdot 10^5 \text{ г/см}^2 \text{ сек}$. Установленные зависимости для каждого типа пород имеют вид

$$B = \frac{K}{\left(\frac{r}{\sqrt{Q}}\right)^a}, \quad (16)$$

где B — ширина трещин, см; K — эмпирический коэффициент, зависящий от свойств среды и условий взрывания, изменяется в пределах от 2,5 до 140; a — коэффициент, равный 1,1—2,7.

С глубиной величина остаточных деформаций уменьшается, причем наиболее отчетливо это проявляется с 3—5 м. Это объясняется наличием поверхностного слоя, который сильно нарушен взрывами, выполняемых ранее при отработке вышележащих горизонтов.

С глубиной трещины начинают приобретать свои первоначальные размеры, а массив — свою естественную структуру. Степень нарушаемости породного массива во фланги от взрываемого блока меньше, чем в тыл от взрыва в 1,3—3,5 раза в зависимости от условий взрывания и направленности действия взрыва.

Границы деформируемости массива. Зона видимых нарушений на поверхности массива распространяется до 40—50 м в тыл от взрыва и зависит, главным образом, от веса заряда ВВ, способа взрывания и свойств взрываемых пород. Во фланги от взрыва граница нарушаемости уменьшается в 1,4—2,5 раза в зависимости от направления детонации в блоке. Остаточные деформации в виде микроподвижек отмечаются даже на расстояниях до 100 м от взрыва.

Несмотря на то, что наблюдения за видимыми остаточными деформациями весьма показательны, тем не менее они не могут дать полного представления о размерах деформируемых зон по глубине массива в породах с различными свойствами.

Для определения границ зоны нарушаемости породного массива по глубине был использован метод, основанный на определении разности скоростей прохождения продольной волны C_p в среде различной степени нарушенности, или так называемый метод прозвучивания. Рядом исследователей установлено, что скорость продольной волны в массиве зависит от его упругих свойств, которые, в основном, изменяются от плотности и пористости, а в более ее широком понимании включающей и трещиноватость, вмещающих горных пород.

С увеличением трещиноватости пород скорость прохождения волны в массиве резко уменьшается. Именно из этих соображений изменение скорости продольной волны была принята в качестве критерия по определению нарушенности массива. Определение скоростей прохождения продольных волн в массиве производилось по методике, разработанной в институте Физики и Механики горных пород АН Киргизской ССР.

В общей сложности было прозвучено до и после промышленных взрывов более 30 блоков в породах с различной акустической жесткостью.

На основании обработки полученных экспериментальных данных установлено, что граница нарушаемости вглубь массива вдоль оси взрываемых скважин при производстве массовых взрывов мощностью от 3 до 10 т ВВ при применении вертикальных скважин диаметром 214—230 мм (вес заряда в каждой скважине 250—350 кг) может быть определена по формуле

$$R = 25 \cdot 10^4 (\gamma C_p)^{-0,77}, \quad (20)$$

где R — зона нарушенного слоя, м; γ — плотность пород, г/см³; C_p — скорость продольной волны, см/сек.

Граница нарушаемости породного массива в тыл за линию скважин в породах с различной акустической жесткостью изменяется согласно следующей зависимости

$$R' = 86 \cdot 10^3 \sqrt[3]{Q} (\gamma C_p)^{-0,93} \quad (21)$$

Данные эмпирические зависимости найдены с линейным коэффициентом корреляции $\eta = 0,85—0,90$ при коэффициенте вариации не превышающего 15%.

Степень нарушаемости массива в деформируемых зонах. Степень нарушенности массива скальных пород в исследуемом участке характеризуется изменением величины сцепления между отдельными структурными блоками. Выполненный комплекс исследований по прозвучиванию образцов горных пород и массива по глубине на высоту до 2-х уступов, а также по изысканию путей перехода от образца к массиву позволил установить, что прочность скальных горных пород в деформируемой зоне с глубиной и расстоянием от места взрыва изменяется в очень широких пределах. Для определения величины сцепления в глубине массива предложена формула

$$K_M = \frac{1}{\lambda_2} [K_K - (1 - \lambda_2)(K'_0 \pm 0,25K_K\lambda_1)], \quad (33)$$

где

$$\lambda_1 = M^{\lg \sqrt{2Thl}}; \quad \lambda_2 = NK_K^{\lg \sqrt{2Thl}}$$

K_K — величина сцепления в куске, кг/см²; K'_0 — величина сцепления между отдельными структурными блоками на поверхности массива, кг/см²; T — объемная плотность трещин; h — рас-

стояние между трещинами, см; l — размер стороны исследуемого участка; M — коэффициент, зависящий от степени трещиноватости массива (0,2—0,5); N — коэффициент, зависящий от величины K_K (0,01—0,03).

Безопасная скорость колебания. На основании установленных зависимостей по изменению величины скорости колебания грунта на поверхности и глубине массива при массовых взрывах в различных горных породах, были определены безопасные величины скорости колебания на границе нарушенной и ненарушенной части массива.

Как показывают экспериментальные исследования, безопасная скорость колебаний для слабых пород с $A = (5 \div 8) \cdot 10^5$ г/см²·сек находится в пределах 65—90 см/сек, а для более крепких пород с $A = (13 \div 16) \cdot 10^5$ г/см²·сек — в пределах 110—120 см/сек.

Для верхней части сдвоенных или строенных уступов ввиду их нарушенности при отработке вышележащих горизонтов безопасная скорость смещения несколько меньшая по величине и составляет 30—50 см/сек — для горных пород с $A = (5 \div 8) \cdot 10^5$ г/см²·сек и 75—90 см/сек — для более крепких пород.

Определение безопасной скорости колебания грунта для различных типов пород можно производить по следующей формуле

$$V_{с.б} = \frac{\gamma C_p}{a + b(\gamma C_p)}, \quad (37)$$

где a — коэффициент, равный $8 \cdot 10^3$ — для пород слагающих верхнюю часть строенного уступа и $4 \cdot 10^3$ — для нижней части уступов; b — коэффициент, равный соответственно $8 \cdot 10^{-3}$ и $6 \cdot 10^{-3}$

На основании установленных безопасных скоростей колебания грунта и закономерностей распространения волн напряжений в горных породах определены количественные значения необходимой величины снижения колебаний при промышленных взрывах для различных типов пород (табл. 1).

Следовательно, для обеспечения сохранности массива скальных горных пород скорость колебания грунта за контуром рыхления должна быть снижена в 1,5—7 раз в зависимости от прочностных свойств среды.

Таблица 1
Необходимое снижение величины сейсмoeffекта в различных типах скальных горных пород

Тип пород	Акустическая жесткость, $г/см^2 \cdot сек \times 10^5$	Требуемая величина снижения скорости колебания, раз	
		верхняя часть строенного уступа	нижняя часть строенного уступа
Кератофиры, алевролиты, кварц-серпичитовые породы, известняки . . .	5—6	6—7	3,5—4
Трещиноватые альбитофиры, порфири-ты, вторичные кварциты туфы сме-шанного состава . . .	7—8	4—5	2—3
Диабазовые порфириды, крупноблоч-ные альбитофиры, серые песчаники	9—12	2,5—3	1,3—1,5
Диабазы, спилиты, брекчии спилитов	13—16	1,5—2,0	—
Породы монолитные, крупноблочной структуры . . .	> 16	—	—

ГЛАВА III. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВОВ НА МАССИВ ГОРНЫХ ПОРОД

С целью установления возможности регулирования величин сейсмического эффекта в близкой зоне массовых взрывов были рассмотрены возможные способы снижения и дополнительно исследованы такие вопросы, как способ взрывания заряда ВВ в блоке, направленное действие взрыва, тип взрывчатого вещества и контурное взрывание.

Способ взрывания. Короткозамедленный способ взрывания не во всех случаях может быть средством для снижения воздействия взрывов на породный массив в близкой зоне взрыва в необходимых размерах. В горных породах с акустической жесткостью до $9 \cdot 10^5 г/см^2 \cdot сек$ при интервалах замедления в 20—35 мсек и приведенном расстоянии в пределах от 1 до 2 м/кг^{1/3} величина сейсмического эффекта практически не зависит от способа взрывания. В более крепких породах при этих же параметрах наблюдается уменьшение сейсмического эффекта при короткозамедленном способе взрывания по сравнению с

мгновенным в 1,5—2 раза. Эффективность короткозамедленного способа взрывания по условию уменьшения сейсмического эффекта возрастает при применении интервалов замедлений свыше 100—150 мсек и увеличении количества групп взрывания при одновременном уменьшении веса заряда ВВ в одной группе.

Диаметр заряда ВВ. Скорость смещения грунта при взрывании скважинных зарядов ВВ диаметром 100—110 мм при малых значениях приведенного расстояния (от 0,5 до 1,0 м/кг^{1/3}) снижается в 1,8—2,2 раза по сравнению с диаметром 250 мм, однако по своей величине достигают порядка 130—150 см/сек. в породах с акустической жесткостью до $(8 \div 9) \cdot 10^5 г/см^2 \cdot сек$, что превышает в 1,5—2 раза безопасную скорость колебания для данного типа пород.

В более крепких породах данный метод может служить надежным средством предохранения породного массива от разрушений.

Направленность действия взрыва. В зависимости от веса взрываемого заряда ВВ и расстояния скорость колебания грунта во фланг по направлению детонации уменьшается в 1,2—1,4 раза по сравнению с колебаниями грунта в тыл от взрыва. При этом скорость колебания грунта во фланг от взрыва против направления детонации уменьшается в 1,8—2,5 и более раз. Следовательно, фланговое развитие горных работ при подходе к предельному контуру карьера может явиться одним из мероприятий, обеспечивающих сохранность законтурного массива скальных пород.

Тип взрывчатых веществ. Выполненные исследования показывают, что для существующего в настоящее время на карьерах ассортимента ВВ, которые по своим свойствам довольно незначительно отличаются друг от друга (акустическая жесткость изменяется в пределах от $5 \cdot 10^5$ до $7,5 \cdot 10^5 г/см^2 \cdot сек$), различие в величине сейсмического эффекта, при всех прочих равных условиях, очень мало (не более чем на 6—8%).

Контурное взрывание. Наиболее перспективным методом снижения воздействия взрыва в близкой зоне является применение контурного взрывания. Однако особенности ведения горных работ с применением взрывов большой мощности (до 15—20 т ВВ и более) требуют проведения специальных исследований по установлению границ эффективного его применения в карьерных условиях и разработки рациональных параметров при создании экранирующих зон.

ГЛАВА IV. ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ КОНТУРНОГО ВЗРЫВАНИЯ НА КАРЬЕРАХ

Для установления основных закономерностей распространения волн напряжений при прохождении их через экранирующую разрушенную зону были выполнены специальные исследования в лабораторных, полигонных и промышленных условиях. Обработка полученных экспериментальных данных позволила установить следующие основные закономерности:

1. Величина сейсмического эффекта при прохождении волн напряжений через разрушенную зону может уменьшаться в 2—5 раз и более при изменении отношений акустических импедансов экранирующей зоны и основного массива с 0,8 до 0,25. С увеличением ширины экрана интенсивность колебаний грунта уменьшается. При отношении акустических импедансов экранирующей зоны и основного массива в пределах 0,5—0,6 максимально необходимая ширина разрушенной зоны, обеспечивающая уменьшение величины сейсмического эффекта до необходимых размеров в слабых горных породах с акустической жесткостью до $(8-9) \cdot 10^5 \text{ г/см}^2 \cdot \text{сек}$, находится в пределах до 4—5 м, а в более крепких породах — от 1 до 3 м.

2. При создании экранирующей зоны оконтуривающим рядом скважин эффективность экрана наблюдается на расстоянии до 35—50 м от взрываемого блока как по поверхности, так и по глубине массива в зависимости от отношения акустических импедансов основного массива и экрана, а также от его размеров.

3. При предварительном образовании экранирующей зоны снижение скорости колебания грунта на определенном расстоянии от разрушенной зоны будет тем больше, чем ближе расположен экран к взрываемому блоку. Экранирующая зона указанных размеров практически не эффективна при создании ее на расстоянии 40—50 м от места взрыва.

4. Наибольшее снижение величины сейсмического эффекта достигается в том случае, если экранирующая зона полностью перекрывает взрываемый блок как по глубине, так и по длине.

ГЛАВА V. СЕЙСМОБЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ ПРИКОНТУРНЫХ ЛЕНТ НА КАРЬЕРАХ

Выбор схем отработки приконтурных лент и заоткоски уступов должен производиться прежде всего из условия обеспече-

ния устойчивого состояния бортов карьеров в предельном положении при длительном их стоянии.

В основу предлагаемой специальной технологии отработки приконтурных лент и заоткоски уступов положено контурное взрывание. На основании выполненных исследований разработаны следующие схемы отработки приконтурных лент и оформления откосов уступов в предельном положении.

1. Обработка приконтурных лент вертикальными или наклонными скважинами большого диаметра с параметрами обычных технологических взрывов с применением оконтуривающего взрывания рядом скважин малого диаметра (80—110 мм) по всему блоку с эффективным интервалом замедления и с предварительным образованием разрушенной зоны необходимых размеров по проектному контуру.

2. Обработка приконтурных лент вертикальными или наклонными скважинами с предварительным созданием экранирующей зоны по контуру.

3. Обработка приконтурных лент вертикальными или наклонными скважинами с применением оконтуривающего взрывания рядом скважин малого диаметра.

4. Обработка приконтурных лент вертикальными или наклонными скважинами с фланговым подвиганием забоя, направленным действием взрыва и с предварительным созданием экранирующей зоны по проектному контуру.

5. Обработка приконтурных лент вертикальными или наклонными скважинами с фланговым подвиганием забоя, направленным действием взрыва и последующим оформлением откоса уступа скважинами малого диаметра.

В зависимости от прочностных характеристик массива рекомендуется применять ту схему отработки, которая обеспечивает снижение величины сейсмического эффекта взрыва до величины допустимых пределов для данного типа пород (табл. 2).

В том случае, когда может быть рекомендован ряд схем отработки, следует принимать наиболее выгодную по экономическим затратам и условию безопасности.

Параметры БВР при создании экранирующих зон. Обеспечение сохранности породного массива за контуром рыхления зависит в первую очередь от правильно выбранных параметров БВР при создании экранирующих разрушенных зон необходимых размеров.

С этой целью были выполнены специальные экспериментальные исследования по определению условия возможного получе-

Таблица 2

Наименование горных пород	Акустическая жесткость, $г/см^2 \cdot сек \times 10^5$	Рекомендуемая схема отработки	
		верхняя нарушенная часть строенного уступа	нижняя часть строенного уступа
Кератофиры, алевролиты, кварц-серицитовые породы	5—6	1	1—2
Трещиноватые альбитофиры, порфириды, вторичные кварциты, туфы смешанного состава	7—8	1—2	1—3
Диабазовые порфириды, альбитофиры, серые песчаники	9—12	1—3	1—4
Диабазы, спилиты, брекчии спилитов	13—16	1—4	1—4
Породы монолитные, крупноблочной структуры	> 16	1—4	1—5

ния оптимального объема разрушения горной породы между двумя скважинами контурного ряда.
Установленная зависимость имеет вид

$$l = e^{aq-b}, \quad (77)$$

где l — расстояние между скважинами, м;

q — удельный расход ВВ, кг/п. м.;

a и b — эмпирические коэффициенты, которые в зависимости от прочностных свойств среды изменяются соответственно в следующих пределах — $a = (0,38 \div 1,62)$ и $b = (0,25 \div 0,44)$.

В табл. 3 приведены расчетные значения некоторых основных параметров БВР по созданию экранирующих зон.

При этом должны соблюдаться следующие условия:

1. Взрывчатое вещество должно быть низкобризантным, обладать малой плотностью.

2. Для проработки подошвы уступа в нижнюю часть скважин должен помещаться дополнительный заряд ВВ мощностью 10—20 кг в зависимости от прочности пород.

3. Общий вес заряда ВВ в последнем ряду скважин рыхления необходимо уменьшать на 20—30% по сравнению с расчетной величиной.

4. Заряд представляет собой двойную нитку детонирующего шнура с закрепленными на ней патронами ВВ на определенных расстояниях друг от друга.

Таблица 3

Параметры взрывных работ	Акустическая жесткость пород, $г/см^2 \cdot сек \times 10^5$			
	5—8	9—12	13—16	> 16
Расстояние между скважинами в контурном ряду, м	0,9—1,0	1,2—1,3	1,4—1,5	1,6—1,8
Расстояние между скважинами в ряду, образующего разрушенную зону, м	1,8—2,0	1,5—1,8	1,5	1,5
Расстояние между рядами скважин разрушенной зоны и скважин рыхления по низу, м	2,5—3,0	2,0—2,5	1,5—2,0	1,5
Расстояние между рядами скважин контурного ряда и скважинами разрушенной зоны по низу, м	2,0—2,5	1,5—2,0	1,3—1,5	1,0—1,3
Удельный расход ВВ в скважинах контурного ряда, кг/п. м.	0,2—0,6	1,0—1,2	1,3—1,5	1,5—1,8
Удельный расход ВВ в скважинах разрушенной зоны, кг/п. м.	0,8—1,0	1,2—1,5	1,6—1,8	1,8—2,0
Интервал замедления между взрывом скважин разрушенной зоны и скважин рыхления, мсек	> 100	> 75	> 50	> 50

При данных параметрах БВР обеспечивается необходимая степень снижения величины сейсмического эффекта взрыва за контуром рыхления, исключается нарушение законтурного массива, достигается достаточно ровная поверхность откоса уступа, выдерживается проектный угол заоткоски.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненная работа позволяет сделать следующие основные выводы и рекомендации:

1. Разработка меднорудных месторождений Урала открытым способом связана со значительными трудностями в связи с многообразием горных пород различной прочности, их интенсивной трещиноватостью и наличием большого количества контактов между отдельными формациями.

2. Существующие на горных предприятиях методы ведения работ в приконтурной части с использованием буровзрывного комплекса не обеспечивают надежного снижения воздействия взрыва на законтурный массив, о чем свидетельствует анализ опыта работы карьеров и выполненные исследования.

330057

17

3. Исследование вопросов по изысканию методов снижения воздействия взрывов на массив горных пород при отработке приконтурных объемов горной породы и оформления откосов уступов и бортов карьеров в предельном положении имеет большое значение для промышленности.

4. Выполненный комплекс экспериментальных исследований в полигонных и промышленных условиях позволил установить:

а) Количественные закономерности изменения параметров колебания грунта в близкой зоне взрыва на поверхности и по глубине массива на высоту уступа с учетом различных факторов в зависимости от акустической жесткости среды.

б) Изменение параметров колебания грунта при короткозамедленном способе взрывания в зависимости от интервала замедлений, количества групп взрывания и приведенного расстояния с учетом свойств горных пород.

в) Количественные закономерности по определению границ нарушаемости массива скальных горных пород вглубь по оси взрываемых скважин и в тыл от взрыва с учетом их акустической жесткости в зависимости от взрывающего заряда ВВ и способа взрывания.

г) Область эффективного применения в карьерных условиях метода контурного взрывания (предварительное щелеобразование и оконтуривающее взрывание).

5. На основании выполненной работы представилось возможным:

а) Разработать сейсмобезопасные схемы отработки приконтурных лент и оформления откосов уступов в предельном положении, обеспечивающих необходимое снижение величины сейсмозффекта за контуром рыхления по условию обеспечения сохранности породного массива от разрушений.

б) Разработать метод расчета параметров буровзрывных работ по созданию экранирующих разрушенных зон при отработке приконтурных лент.

6. Результаты исследований по сейсмобезопасной технологии ведения взрывных работ при подходе к предельному контуру карьера внедрены в практическую деятельность Златоуст—Беловского и Учалинского карьера, а так же использованы проектной частью института Унипромедь при выполнении проектных заданий по отработке ряда меднорудных месторождений Урала.

7. Годовой экономический эффект от внедрения предложен-

ной спецтехнологии по отработке приконтурных лент составляет в среднем 100 т. руб. в год.

8. Многие положения работы могут быть использованы другими горными предприятиями, научно-исследовательскими и проектными институтами и организациями, которые в своей практической деятельности связаны с вопросами по обеспечению массива скальных горных пород от нарушений при производстве взрывов.

9. Основной задачей дальнейших исследований является уточнение основных закономерностей изменения параметров сейсмических колебаний за пределами экранирующих разрушенных зон и совершенствование методов расчета параметров буровзрывных работ по созданию экранов необходимых размеров.

Основные положения работы докладывались на сессии Ученого Совета по народнохозяйственному использованию взрывов при СО АН СССР (г. Новосибирск, 1965 г.), на Всесоюзной конференции по сейсмическому действию промышленных взрывов (г. Свердловск, 1966 г.), на Всесоюзной конференции по инженерно-физическим проблемам разработки месторождений полезных ископаемых (г. Ленинград, 1966 г.), на Всесоюзной научной конференции по физике горных пород и процессов (г. Москва, 1967 г.), на научно-технических совещаниях Гайского, Учалинского, Златоуст—Беловского комбинатов. Научно-исследовательские работы по установлению сейсмобезопасных весов зарядов ВВ и расстояний для условий Гайского и Златоуст—Беловского карьеров, которые были выполнены при непосредственном участии автора диссертации, Государственным комитетом по делам изобретений и открытий СССР внесены в книгу Государственной регистрации соответственно за № 38159 с приоритетом от 25 июня 1963 г. и № 45740 от 5 мая 1964 г.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в следующих статьях:

1. Нарушение породного массива при массовых взрывах на Златоуст—Беловском карьере «Добыча и обогащение руд цветных металлов», № 6, 1964 (соавторы А. Г. Сисин, Г. В. Кузнецов, В. П. Леонтьев).

2. Наиболее рациональные схемы отработки приконтурной заходки на Златоуст—Беловском карьере. Бюллетень «Цветная металлургия», № 20, 1965. (соавторы Г. В. Кузнецов, А. Г. Сисин).

3. Оценка степени воздействия сейсмозрывных волн от массовых взрывов на борта карьера. Сборник «Сейсмическое действие промышленных взрывов», информационный выпуск № В-161, ИГД им. Скочинского, М., 1966. (соавтор Г. В. Кузнецов).

4. Обеспечение сохранности бортов Златоуст—Беловского карьера при взрывах. Сборник «Усовершенствование технологии бурения и взрывания скважин на открытых горных работах», ЦИИН ЦМ, М., 1966. (соавторы А. Г. Сисин, Г. В. Кузнецов).

5. Снижение воздействия взрыва на окружающий массив горных пород. «Колыма», № 6, 1966 (соавтор Г. В. Кузнецов).

6. Получение информации о состоянии массива скальных горных пород методом прозвучивания. Сборник «Тезисы докладов Всесоюзной межвузовской конференции с участием научно-исследовательских институтов», МГИ, М., 1967 (соавторы Г. В. Кузнецов, Н. И. Сидорова).

7. Сейсмобезопасные методы ведения взрывных работ на меднорудных карьерах. Труды института Унипромедь, вып. 10, Свердловск, 1967 (соавторы Г. В. Кузнецов, Н. И. Сидорова).

8. К вопросу применения сейсмического метода для определения прочностных характеристик массива горных пород и степени его нарушенности. «Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых», № 1, 1968 (соавторы Г. В. Кузнецов, Н. И. Сидорова, С. В. Губанов).

9. Применение контурного взрывания на открытых горных работах. Брошюра, ЦИИН ЦМ, М., 1968 (соавтор Г. В. Кузнецов).

10. Спецтехнология отработки приконтурных лент на карьерах. Сборник «Труды научной конференции по открытым горным работам», МГИ, М., (в печати) (соавтор Г. В. Кузнецов).

11. Деформирование массива скальных горных пород при интенсивных взрывных нагрузках. Гидротехническое строительство», (в печати), (соавтор Г. В. Кузнецов).

12. Исследование эффективности экранирования сейсмозрывных волн разрушенной зоной. «Взрывное дело», М., (в печати), (соавторы Г. В. Кузнецов, Н. И. Сидорова).