

Турсбеков С.В., Турсбекова Г.Ж., Турсбеков Н.С.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ДЕФОРМИРОВАНИЕМ
УСТУПОВ ПРИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ**

S.V. Tursbekov, G.Zh. Tursbekov, N.S. Tursbekov

**IMPROVED METHOD OF OBSERVATION DEFORMATION OF DRILLING
AND BLASTING OPERATIONS IN OFFER**

УДК 622.271

Использование электронных тахеометров автоматов в комплекте с отражателем, позволяющий сразу в полевых условиях определять превышение между реперами, находящимися на разных уступах.

Use electronic theodolite machine guns complete with a reflector, allowing at once in field conditions to define excess between the reference points on different ledges.

Разрушающее влияние взрывных работ на приконтурные уступы общеизвестно, при этом происходят деформации, приводящие к сдвигению пород на карьерах. Под воздействием буровзрывных работ в законтурном массиве горных пород образуются зоны: отрыва и дробления, перемещения, заколов, колебаний (остаточных деформаций и сотрясений) [1,2, 3,4, 5].

Зона отрыва и дробления определяется от последнего ряда скважин до линии отрыва в массиве. Для этой зоны характерно интенсивное дробление горной породы и перемещение оторванной части массива в сторону выработанного пространства. Из этого следует, что зоны отрыва и дробления при производстве массовых взрывов являются зонами полезной работы взрыва. При значительном удалении горных работ от предельного контура полезной является также энергия, затрачиваемая на образование зоны заколов, поскольку в дальнейшем это играет положительную роль. Однако при производстве взрывных работ вблизи законтурного массива проникновение зоны заколов на проектный контур карьера отрицательно сказывается на устойчивости откосов стационарных уступов и всего борта в целом. Зона заколов характеризуется интенсивной нарушенностью, глубокими трещинами, что приводит к снижению прочности пород в десятки раз. Вреднее влияние взрывов заключается также в образовании на проектном контуре зоны остаточных деформаций. Эта зона характеризуется макро - и микротрещинами, возникшими в результате напряжений растяжения, сцепление пород значительно уменьшается и по истечению некоторого времени породы в откосах, рассеченные этими трещинами, обрушаются. Это является причиной выполаживания откосов уступов.

Зона колебаний и сотрясений характеризуется деформациями, вызванными сейсмическими колеба-

ниями, которые в определенных условиях также оказывают влияние на устойчивость уступов.

Размеры зон разрушения зависят от количества одновременно взрываемого ВВ, физико-механических свойств горных пород, структурно-тектонических особенностей массива, параметров буровзрывных работ и других факторов.

На обеспечение устойчивости приконтурных уступов большое влияние оказывают методы и способы ведения взрывных работ. Зная размеры зон деформирования горного массива от взрывов, можно определить ширину приконтурной ленты, при подходе к которой необходимо переходить на специальную технологию ведения буровзрывных работ, найти оптимальные расходы ВВ при которых разрушение пород законтурной части будет наименьшей.

Для определения зон наибольших деформаций в законтурном горном массиве при взрывах на карьерах, необходимо проведение целого комплекса работ. Воздействие промышленных взрывов на деформируемость горного массива изучается с помощью маркшейдерских наблюдательных станций, закладываемых перед взрывом на верхних площадках уступов в виде профильных линий. Наблюдательные станции закладываются вквосток простира-ния откоса и состоят из 1-2 профильных линий (рисунок 1).

Число реперов, устанавливаемых по профильным линиям, колеблется от 8 до 15. Репера изготавливается из арматурного или круглого железа диаметром 25-30 мм и длиной до 0,5 м, которые забиваются в породу. Первый репер забивается с таким расчетом, чтобы он не попал в зону отрыва или дробления, то есть на расстояние 6-8 м от скважинных зарядов. Расстояние между реперами принимается порядка 2-13 метров. Это позволяет тщательно определить деформации горного массива, а также достаточно точно зафиксировать зоны заколов и остаточных деформация. При удалении в глубь массива расстояние между реперами в среднем составляет 10 метров. Последние репера закладываются в зонах не затрагиваемых взрывами, и они считаются опорными. Все замеры производятся относительно опорных реперов. В этих случаях, когда замеры верхней площадки не позволяют заложить опорные репера вне зоны влияния взрыва, последние закладываются на вышележащих горизонтах.

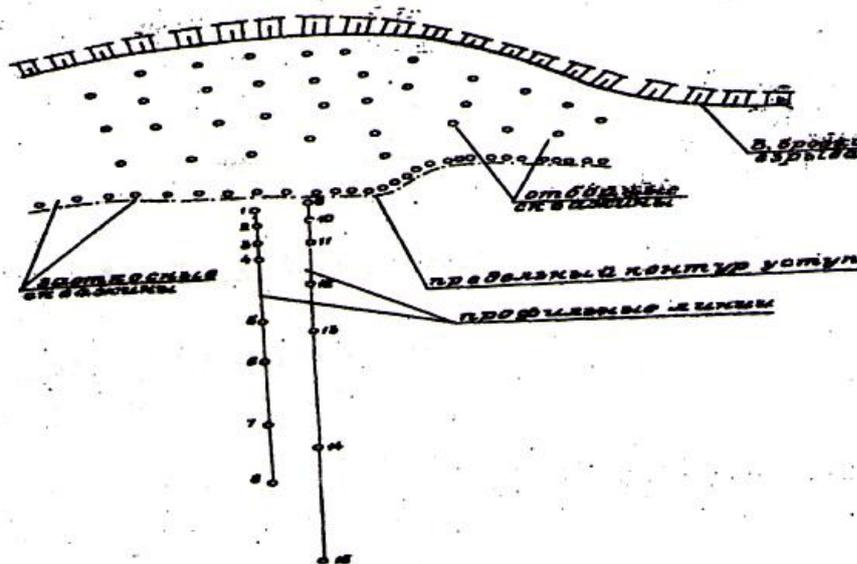


Рис. 1. Схема наблюдательной станции за взрывами

Наблюдения на профильных линиях производятся до и после взрыва согласно принятой методике. Перед взрывом ведется теодолитно-нивелирная съемка заложенных реперов. Теодолитная съемка позволяет нанести наблюдательную станцию на план горных работ и привязать ее к сетке скважин, пробуренных на площадке уступа. Нивелирование реперов наблюдательной станции производится с целью определения их абсолютных отметок относительно опорных реперов.

На карьерах при подходе горных работ к проектному контуру оставляются бермы шириной 8-12 метров. Это не позволяет проводить наблюдения за массовыми взрывами по вышеизложенной методике. На оставляемой берме реперы, ввиду их близкого расположения от заоткосных скважин, имеют значительные перемещения вместе с горным массивом, как в вертикальной, так и горизонтальной плоскостях. В связи с этим для обеспечения достоверности полученных результатов по определению деформаций горного массива наблюдательную станцию приходится закладывать на вышележащих горизонтах.

Большие превышения между реперами (15м) не позволяют использовать геометрическое нивелирование, так как оно резко увеличивает объем работ. Увеличение производительности труда возможно при применении тригонометрического нивелирования, но в этом случае значительно снижается точность работ, что делает результаты недостаточно надежными, поэтому использовалась несколько иная методика наблюдений за проведением массовых взрывов с использованием нивелиров - высотометров, которые по точности близки к нивелирам обычного типа. При этом нивелирование осуществляется электронным тахеометром.

На карьере при подходе горных работ к проектному контуру оставляются бермы шириной 10 метров, что не позволяет производить наблюдения за

массовыми взрывами по вышеизложенной методике, так как на оставляемой берме реперы, ввиду их близкого расположения от заоткосных скважин, имеют значительные перемещения вместе с горным массивом, как в вертикальной, так и горизонтальной плоскостях. В связи с этим для обеспечения достоверности полученных результатов по определению деформацией горного массива наблюдательную станцию приходится закладывать на вышележащих горизонтах (рисунок 2).

В результате предлагается использовать электронный тахеометр автомат в комплекте с отражателем, позволяющий сразу в полевых условиях определять превышение между реперами, находящимися на разных уступах [6].

Суть определения превышения между реперами состоит в том, что на нижележащем уступе устанавливается сам прибор, а на вышележащем уступе устанавливается отражатель на стойке в вертикальном положении (рисунок 2). Фиксация результатов измерений заносится в память прибора.

Отбойка горных пород на карьерах производится скважинными зарядами. С ростом добычи полезного ископаемого и взрывных работ увеличивается интенсивность действия взрыва на законтурный массив, что требует совершенствование параметров буровзрывных и горных работ в приконтурной зоне. Разработка данных мероприятий позволяет снизить деформирование уступов и бортов карьеров на проектном контуре.

Наблюдение за промышленными взрывами на Николаевском карьере показали, что максимальные вертикальные и горизонтальные деформации возникают в непосредственной близости от последнего ряда взрывных скважин, а с удалением в глубь массива деформации уменьшаются. На величину деформаций большое влияние оказывает характер трещиноватости горного массива и количество расходуемого ВВ.

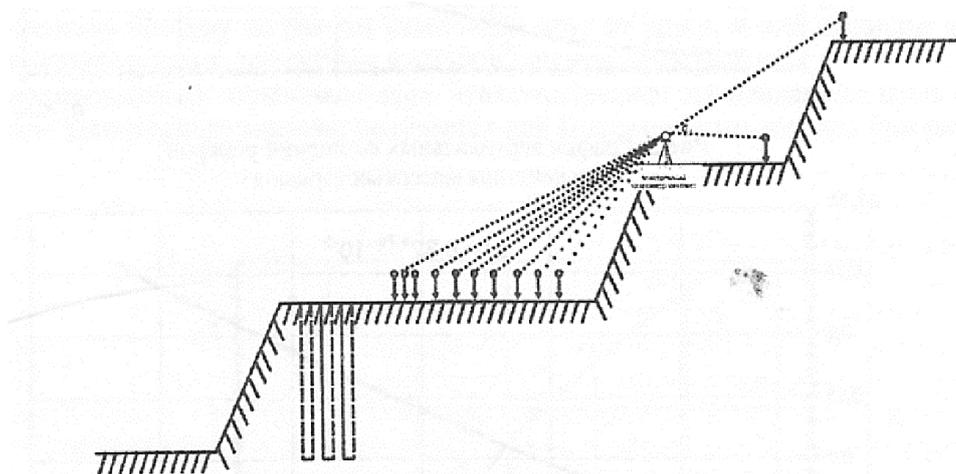


Рис.2. Съемка положения реперов до и после взрыва

Практика показывает, что в вертикальной плоскости вблизи взрыва происходит поднятие горного массива, а в горизонтальной плоскости смещение в глубь массива, то есть сжатие. Следовательно, та часть массива, которая подвергается интенсивной деформации и где происходит надвиг пород при взрывах, называется зоной заколов. Зона заколов по результатам наблюдений за массовыми взрывами составляет для Николаевского карьера порядка 5-11 метров. Зона заколов является наиболее опасной с точки зрения устойчивости откосов, поскольку образование закольных трещин влечет за собой значительное уменьшение прочности массива горных пород. Поэтому энергия взрыва, расходуемая на образование зоны заколов, является вредной.

По смещениям реперов в вертикальной и горизонтальной плоскости в зависимости от расхода ВВ построены графики (рис. 3, 4). Данные зависимости показывают, что величина деформирования горного массива во многом зависит от удельного расхода ВВ. Зона остаточных деформаций составляет порядка 30-50 метров. Поэтому для повышения устойчивости массива на проектном контуре необходимо в этой зоне переходить на специальную технологию ведения горных и взрывных работ.

При взрыве скважинных зарядов образуется волна сжатия, которая, проходя по горному массиву, перемещает структурные блоки, слагающие уступ [7,8]. При достижении волны сжатия свободной поверхности откоса она превращается в волну растяжения. При этом ранее поднятые структурные блоки стремятся под собственным весом достичь

первоначального положения. Движение структурных блоков, как в прямом, так и в обратном положении, происходит по поверхностям трещин. Отсюда следует, что конечное положение блоков будет зависеть от характера залегания трещин в массиве. Если же в момент взрыва ударной волны блоки поднимаются на значительную высоту, то обратному ходу их препятствует силы трения, вследствие чего структурные блоки не возвращаются в исходное положение, и наблюдается интенсивное поднятие в зоне, приближенной к заряду. Если же сцепление по трещинам полностью нарушено взрывом и трещины имеют крутое залегание, то в этом случае возможно опускание структурных блоков ниже своего первоначального положения. Под действием взрывной волны происходит раскрытие трещин, то есть образуются заколы. Чем ближе к месту взрыва, тем шире и глубже заколы, а с удалением от места взрыва наблюдается исчезновение закольных трещин. Та часть массива, где просматриваются видимые трещины, является наиболее опасной для устойчивости откосов уступов на карьерах.

Наблюдения за взрывами показали, что линия отрыва на карьере колеблется в пределах 3-5 метров от последнего ряда скважин. Оторванный горный массив разбивается на блоки, образованные естественной трещиноватостью массива. При соударении между собой в воздухе породные блоки измельчаются до размеров, оптимальной сеткой скважин и величиной зарядов в отбойных скважинах, определяемых специальными исследованиями.

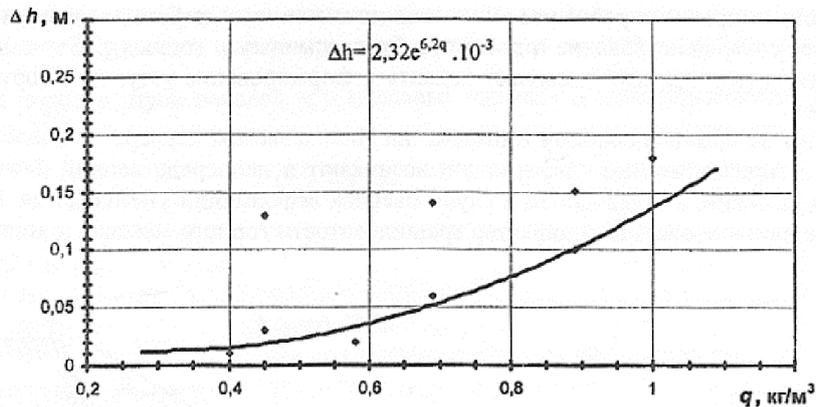


Рис.3. График вертикальных смещений реперов от действия массовых взрывов

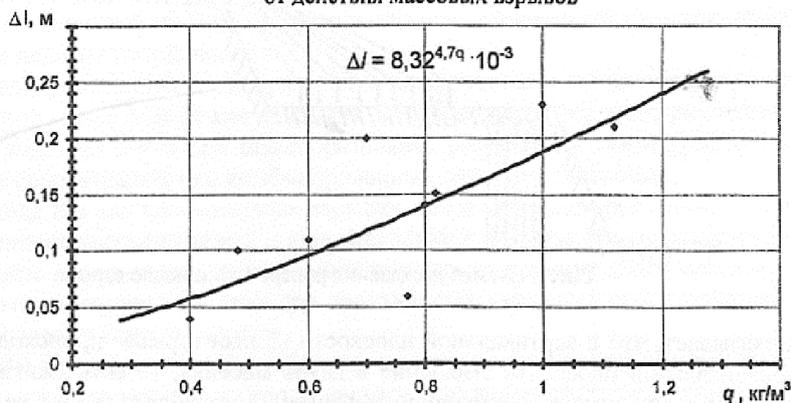


Рис. 4. График горизонтальных смещений реперов от действия массовых взрывов

На деформирование законтурной части массива оказывает значительное влияние отбойка последней заоткоски уступа скважинными зарядами. Поэтому с целью уменьшения деформаций за линией скважин, необходимо выбирать более оптимальные параметры буровзрывных работ.

Наблюдение за промышленными массовыми взрывами позволили выявить не только размеры зон деформирования массива, но и установить зависимости между ними и параметрами взрыва (табл. I).

На рис. 5 и 6 приведены графики зависимости зоны заколов от удельного расхода ВВ и количество ВВ на 1 пог.м фронта работ для изучаемого карьера.

Обработка наблюдений методом корреляционного анализа позволила получить аналитические зависимости

$$L = 29,13 \lg q_1 + 10,1; \tag{1}$$

$$L = 13,15 \lg q_\phi - 21,75, \tag{2}$$

где L - зона заколов в направлении простирания уступов, м;

q_1 - удельный расход ВВ при взрывных работах, кг/м³;

q_ϕ - удельный расход ВВ на 1 пог.м фронта работ, кг/м³

Корреляционные отношения равны соответственно : $\tau = 0,64 + 0,021$;

$\tau_2 = 0,78 + 0,016$, №78 при их надежности: $\mu_1 = 30,5 > 2,6$; $\mu = 48,7 > 2,6$.

Исходя из графиков, видно, что увеличение удельных расходов ВВ ведет к увеличению зоны заколов. Таким образом, анализируя приведенные графики, можно отметить, что для обеспечения минимальных размеров зоны заколов на карьере необходимо, чтобы удельный расход составил: $q = 0,45-0,56$ кг/м³, а расход ВВ на 1 пог.м = 50-60 кг/м. максимальную возможную ширину заходки при обработке при контурной полосы, которая определяется по формуле:

$$B = \frac{q_\phi \cdot \dots \cdot \pi \tau}{q_{опт} \cdot h} \tag{3}$$

где h - высота уступа, м.

Определенная по данной формуле ширина (B) для Николаевского карьера составила:

$$B = \frac{55}{0,47 \cdot 15} = 9 \tag{4}$$

Полученное значение (B) показывает, что для условий Николаевского карьера минимальная зона интенсивной деформации обеспечивается однорядным взрыванием.

Для более эффективного повышения устойчивости законтурного массива на карьерах применяется предварительное щелеобразование или так называемый метод предварительного откола массива. При этом методе создаётся свободная поверхность в теле массива, которая служит экраном для ударных волн при производстве массовых взрывов.

Предварительная щель создается путем взрывания рассредоточенных зарядов в скважинах пробуренных по проектному контуру на равном расстоянии друг от друга, и она приводит к значительному снижению деформации пород за проектным контуром при массовых взрывах.

Анализ промышленных взрывов показал, что качественная экранирующая щель с минимальным деформированием законтурного массива получается для Николаевского карьера при расходе ВВ от 1,4 до 2,4 кг/пог.м

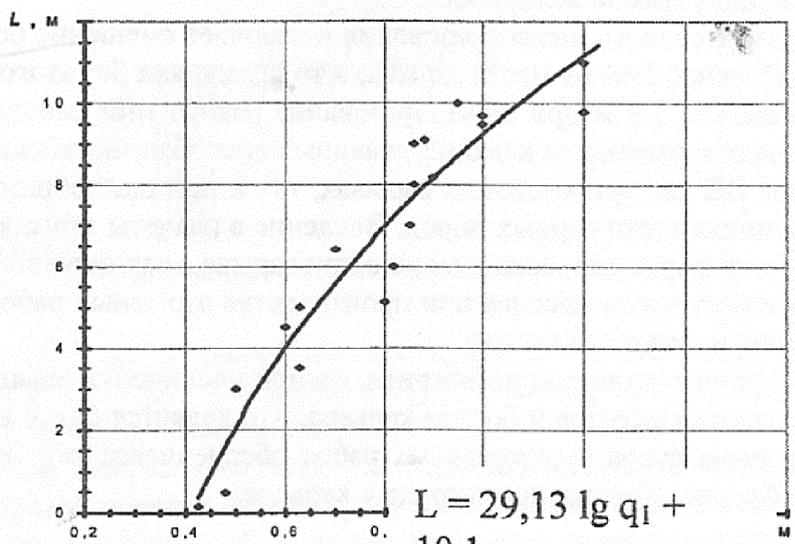


Рис. 5. Зависимость зоны заколов от удельного расхода

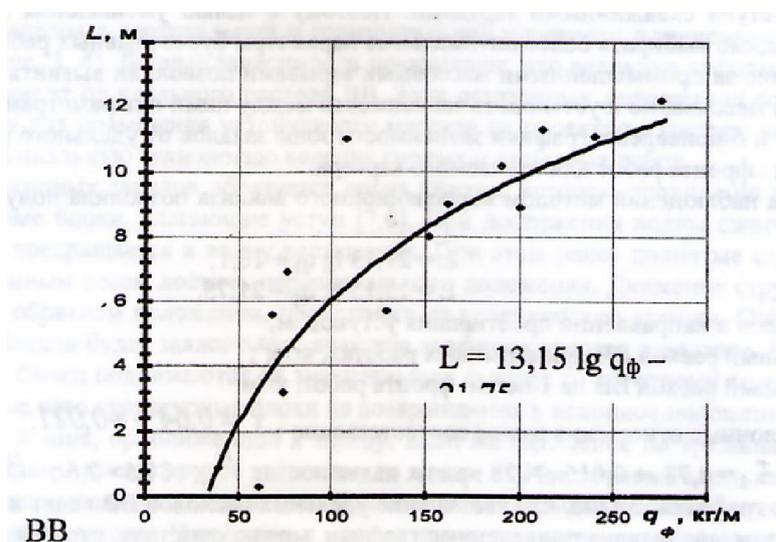


Рис. 6. Зависимость зоны заколов от расхода ВВ на 1 пог.м дорожных при расстоянии между скважинами $a = 2,0$ м и от 2,00 до 3,9 кг/пог.м при $a = 3,0$ м. Меньшее значение расхода ВВ принято для липоритовых порфиров, а наибольшее для туфов

Основным методом снижения деформирования законтурного массива и повышения устойчивости уступов является ведение заоткосных работ на проектном контуре под рекомендуемыми углами откосов. Для обеспечения длительной устойчивости стационарных откосов уступов и бортов, ведению заоткосных работ на карьере необходимо придавать самое серьёзное значение.

Маркшейдерские наблюдения за деформированием массива позволили получить зависимости смещения Δl_1 горных пород в глубь массива при массовых взрывах и щелеобразовании, имеющие следующий вид (рисунок 7)

$$\Delta l_1 = 0,8 L^{-0,92} \quad (5)$$

при $N_1=87, \tau_1 = 0,75 + 0,031, \mu=24,2$

$$\Delta l_2 = 0,72 L^{-1,3}$$

(6)

при $N_2=68, \tau_2=0,71 + 0,038, \mu=18,7$.

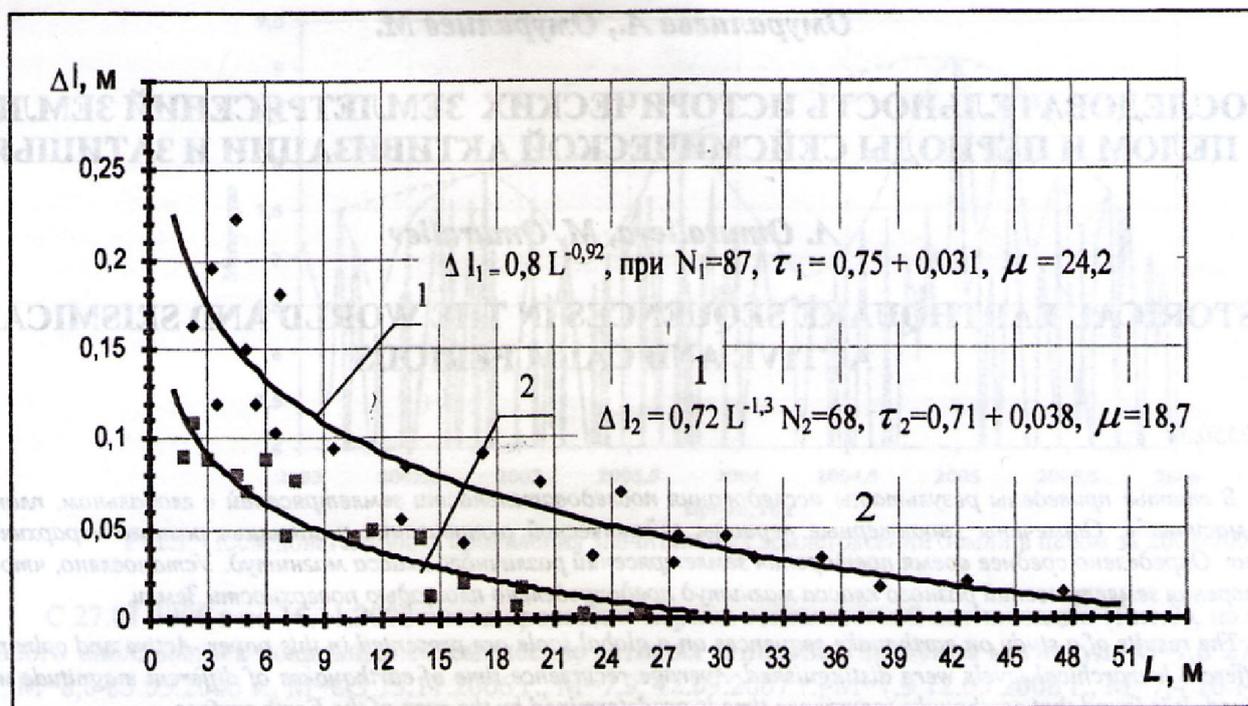
Результаты исследований показывают, что при подходе к проектному контуру для обеспечения длительной устойчивости стационарных отколов необходимо переходить на специальную технологию ведения горных и буровзрывных работ. При несоблюдении этих условий образуются деформации в законтурной части массива недопустимой величины.

Применение предварительного щелеобразования исключает смещение пород при массовых взрывах далее 21-25 м смещение менее 3мм от места взрыва, в то время, как без этого смещение пород наблюдается до 45-50 м. На участках 3-9 м при щелеобразовании разрушение законтурного массива в 3-2 раза меньше, чем при массовых взрывах или комбинированных способах заоткоски.

В расчетах расхода ВВ как при массовых взрывах, так и при щелеобразовании, необходимо учитывать коэффициент трещиноватости горных пород. Введение в расчеты этого коэффициента (табл. 1) дает возможность уменьшить деформации, возникающие при взрыве в законтурном массиве.

Учет трещиноватости горного массива при производстве взрывных работ позволяет снизить расход ВВ на 9-17 % без ухудшения качества взрыва.

Малый расход ВВ влияет на выход негабарита, но при увеличении заряда снижается качество заоткоски и устойчивость отколов уступов и бортов карьера, что является более важным, чем первое. Поэтому правильный выбор параметров буровзрывных работ обеспечивает как экономическую целесообразность открытого способа, так и безопасность труда в карьере.



- 6. при массовых взрывных
- 7. при щелеобразовании

Рис. 7. График смещения горного массива

Таблица 1

Классификация горных пород по степени трещиноватости

Классификация пород по степени трещиноватости	Характеристика трещиноватости	Коэффициент трещиноватости $K_{тр}$
1. Не трещиноватые	Структурные блоки со средней длиной ребра $>2,0$	1,00
2. Слабо трещиноватые	От 2,0 до 0,7	1,01-1,05
3. Трещиноватые	От 0,7 до 0,3	1,06-1,15
4. Сильно трещиноватые	От 0,3 до 0,1	1,16-1,4
5. Раздробленные до щебня	$<0,1$	$> 1,4$

Литература:

1. Агц И.А. Некоторые результаты наблюдений за влиянием взрывных работ на устойчивость бортов карьеров. - Труды/ВНИМИ, Л., №45, 1962, -113с.
2. Попов И.И., Низаметдинов Ф.К., Окатов Р.П., Долгоносое В.Н. Природные и техногенные основы управления устойчивостью уступов и бортов карьеров. - Алматы: Гылым, 1997. - 216 с.
3. Галустьян Э.Л. Управление геомеханическими процессами на карьерах,- М.: Недра, 1980. - 237 с.
4. Фадеев А.Б. Дробящее и сейсмическое действие взрывов на карьерах. -М.: Недра. 1980. -235с.
5. Турсбеков С. В., Турсбеков Б. С. Экологическое состояние гидросферы Алматы. Труды 1-го международного форума выпускников Казахского национального технического университета имени К. И. Сатпаева. Вклад выпускников КазПТИ в индустриально-инновационное развитие Республики Казахстан 10-11 июня 2010 г. Алматы. 98-104.
6. Бакланов Е. В., Кузнецов А. Д., Ожигин С.Г. Фотограмметрические наблюдения за устойчивостью прибортовых массивов //Труды международной научно-практической конф.: «Горное дело в Казахстане». - Алматы, 2000. - И 2~2-274.
7. Попов И.И., Окатов Р.П., Каймаков А.Т. Устойчивость откосов в анизотропной среде //Тезисы докл. «Совершенствование маркшейдерской службы на горных предприятиях». - Свердловск, 1976. - С.24-25.
8. Попов В.Н., Ли А.П., Попов И.И. Объемное решение задачи по определению параметров уступов в скальных породах //Изв. ВУЗов, Горный журнал. - 1967. - №3. - С.31-34.

Рецензент: д. тех. н. Усманов С.Ф.
