

# **М**етодические указания по оценке устойчивости обнажений в массиве и условий образования провалов на поверхности в Криворожском бассейне

Белгород 1984

**МИНИСТЕРСТВО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР**  
**Управление горного производства**

**Всесоюзный научно-исследовательский, конструкторско-технологический  
и проектно-исследовательский институт по освоению месторождений  
полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии  
и маркшейдерскому делу**  
**В И О Г Е М**

**УТВЕРЖДАЮ:**

**Директор института**  
**И.Ф.Оксанич**

**26 марта 1984 г.**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**ПО ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОБНАЖЕНИЙ В МАССИВЕ И УСЛОВИЙ**  
**ОБРАЗОВАНИЯ ПРОВАЛОВ НА ПОВЕРХНОСТИ В КРИВОРОЖСКОМ БАСЕЙНЕ**

**Белгород 1984**

В настоящих указаниях изложены метод оценки устойчивости обнажений и условия образования провалов в зависимости от основных горно-геологических условий залегания и разработки рудных залежей. Установлены критерии устойчивости и возможное время выхода в оброну обрушения на поверхность.

Работа составлена канд. техн. наук А. Г. Шадриним, старшим инженером А. В. Сазоновим и утверждена секцией НТС по специальным горным работам, геомеханике и маркшейдерскому делу в качестве методических указаний.

Указания рекомендуются для инженерно-технических и научных работников.

## ВВЕДЕНИЕ

Действующими Правилами охраны в Криворожском бассейне [3] зона обрушения земной поверхности определяется углами воронкообразования, а условия образования первичных воронок — по расчетному коэффициенту разрыхления. Вторичные воронки определяются по условию кратности: отношение глубины горных работ к вынимаемой мощности по вертикали не должно превышать 15. Однако в практике разработки месторождений наблюдаются случаи, когда при наличии этих условий обрушение не происходит, а имеет место устойчивое обнажение.

Количество пустот продолжает увеличиваться на рудниках Криворожского бассейна и создает постоянную угрозу внезапного обрушения пород с образованием воздушного удара в шахте. Большую опасность представляет внезапное обрушение поверхности. В таких случаях весьма важно уметь количественно оценить устойчивость обнажения, определить запас устойчивости, знать примерное время возможного обрушения по поверхности. Эти вопросы не были отражены в Правилах 1975 г.

В лаборатории движения горных пород Криворожского отделения института ВЮИЕМ ведется систематизация случаев и анализ фактической документации по условиям образования провалов и устойчивых обнажений на месторождении. По результатам этих исследований предложены новые критерии оценки устойчивости обнажений, условий и времени образования провалов.

Настоящие указания являются обобщением этих исследований. В работе использованы также результаты обобщений И.Д.Ривкина, В.М.Кучера [4] и В.И.Кузьмина [2].

В приведенных рисунках, таблицах и формулах приняты следующие обозначения:

- $H$  — глубина горных работ без наносов, м;
- $H_0$  — расстояние от центра выработки до контакта с наносами по линии угла максимального оседания  $\theta$ , м;
- $L$  — пролет выработанного пространства (размер по падению), м;
- $L_0$  — эквивалентный пролет выработанного пространства, м;
- $l$  — размер выработанного пространства по простиранию, м;
- $m$  — мощность рудного тела, м;
- $m_0$  — вертикальная мощность рудного тела, м;
- $m_{1-5}$  — мощность слоев вмещающих пород, м;
- $m_{cp}$  — средняя мощность слоев пород всяческого бока, м;

- К -- кратность подработки;
- к -- коэффициент крепости горных пород по М.М.Протоdjьяконову;
- $k_{cp}$  -- средневзвешенное по мощности значение коэффициента крепости пород;
- $\nu$  -- угол обрушения пород, градус;
- $\alpha$  -- угол падения рудного тела, градус;
- $\theta$  -- угол максимального оседания поверхности, градус;
- q -- относительная величина стрелы прогиба пород подработанного массива на уровне земной поверхности;
- $q_{кр}$  -- критическое значение стрелы прогиба;
- n -- параметр, характеризующий структуру массива с точки зрения опособности его к движению и обрушению.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Разработка крутопадающих залежей часто сопровождается устойчивым обнажением пород кровли. Устойчивое плоское обнажение обычно имеет место в крепких монолитных вмещающих породах, когда отношение  $H/L > 3$ . Обнажение в этих случаях сохраняет первоначальную форму кровли выработанного пространства.

1.2. Сводообразное устойчивое обнажение формируется в более слабых породах и при меньших соотношениях  $H/L$ . Первоначальная плоскость кровли выработки в этих условиях постепенно принимает форму естественного свода, которая и обеспечивает устойчивое равновесие.

1.3. По мере развития очистных работ по простиранию и в глубину размеры обнажения увеличиваются и происходит обрушение пород с выходом воронки на поверхность.

1.4. По механике образования и закономерностям проявления следует выделить два типа воронок обрушения:

а) воронки, образующиеся при первичной разработке залежей;  
б) вторичные воронки, образующиеся над участками повторной разработки руд. Последние проявляются в течение года с момента выпуска руды, по вертикали над выработкой. Зона воронкообразования в этом случае определяется углами  $\gamma = 85^\circ$ , откладываемыми от границ участка повторной разработки на внешнем горизонте. Устойчивых обнажений при этом не образуется.

Дальнейшее изложение касается только обрушений и устойчивых обнажений, образующихся при первичной разработке руд.

1.5. Образование устойчивых обнажений и обрушений зависит от сочетания следующих основных факторов:

а) формы и размеров выработанного пространства;  
б) глубины залегания очистной выработки;  
в) физико-механических свойств вмещающих пород;  
г) структурных особенностей подработанного массива и геологической нарушенности;  
д) вынимаемой мощности залежи и угла падения вмещающих пород;  
е) наличия оближенных отработанных залежей;  
ж) системы разработки.

1.6. В зависимости от конкретного сочетания этих горно-геологических факторов процесс обрушения может не проявляться совсем (плоское устойчивое обнажение), ограничиться устойчивым сводом, проявиться на поверхности в виде воронок обрушения или полностью

локализироваться в массиве за счет разрыхления обрушенных пород.

I.7. Разработка крутопадающих залежей на верхних горизонтах (0-200 м), как правило, сопровождается появлением обрушений на участке выхода залежи на поверхность (под насоном).

I.8. Последовательная отработка нижележащих горизонтов залежей простиранием более 400 м без оставления значительных целиков в выработанном пространстве способствует массовому движению пород висячего бока с образованием общей зоны движения, оконтуренной трещинами.

I.9. Наличие безрудных целиков препятствует этому процессу и способствует образованию кустов и последующих возможных воронкообразных обрушений со значительной задержкой во времени.

I.10. Частота выхода воронок обрушения с глубины 200-400 м снижается в 2-3 раза по сравнению с верхними горизонтами и сопровождается задержкой во времени на 2-3 года.

I.11. Последовательная отработка обмеленных залежей способствует выходу сквозных обрушений с глубины 400-500 м.

I.12. Активное оседание земной поверхности по всей подработанной площади свидетельствует о хорошем заполнении выработанного пространства породами висячего бока. В этом случае возможность появления воронок обрушения на земной поверхности практически исключается.

I.13. С переходом горных работ на глубокие горизонты (500-600 м и ниже) качественно меняется схема движения горных пород. Перепуск обрушенного материала и выход воронок на поверхность в этих условиях возможен только при большой вынимаемой мощности и весьма крутом залегании рудного тела ( $\alpha > 60^\circ$ ). При разработке на таких глубинах пластособразных залежей с углом падения менее  $60^\circ$  выходы воронок обрушения на поверхность не зафиксированы. Заполнение выработанного пространства в этом случае происходит за счет массового движения пород висячего бока.

I.14. Основными определяющими факторами процесса движения и обрушения горных пород являются глубина и размеры выработанного пространства, физико-механические свойства вмещающих пород. Обрушение земной поверхности происходит при определенных отношениях глубины горных работ  $H$  к пролету обнажения  $L$ . Под пролетом выработки понимается меньший из двух размеров выработанного пространства в плоскости залежи (рис. I).

I.15. Для средних условий Кривбасова ( $f_{cp} = 8-10$ ,  $k_{cp} = 50$  м) обрушение поверхности происходит при соотношении  $H/L < 3,5$ . С уве-

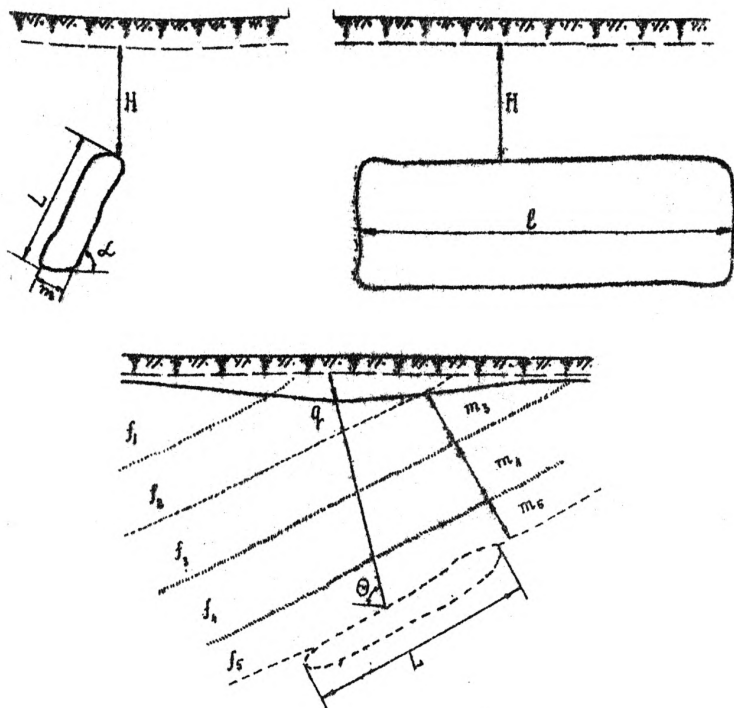


Рис. I. Схемы к определению расчетных параметров

личением крепости и монолитности пород критическое значение пролета увеличивается и обрушение выходит на поверхность при меньших соотношениях, например, при  $H/L > 2,5$ . С уменьшением крепости пород имеет место обратное явление и условия образования обрушений определяется соотношением  $H/L < 4$ .

I. 16. Трещиноватость и тектоническая нарушенность в подработанном массиве активизируют процесс движения и способствуют появлению воронок обрушения на участке выхода нарушения под напором.

I. 17. При наличии крупного тектонического нарушения в непосредственно подработанном массиве условия и время образования провалов на поверхности не поддаются количественной оценке. В этом случае участок выхода нарушения на поверхность характеризуется как зона возможного внезапного обрушения.



I.18. Отработка верхних горизонтов сопровождается расколением и разрыхлением подрабатываемого массива, поэтому отработка нижележащих горизонтов приводит к более активному сдвигению и обрушению пород висячего бока.

I.19. Массивные завалы на участке подземных работ или на поверхности в карьере способствуют обрушению обнажений и выходу воронки на поверхность.

I.20. Обрушение горных пород сопровождается разрыхлением и увеличением их в объеме, поэтому при вынимаемой мощности, недостаточной для компенсации этого увеличения объема, происходит самоподбучивание обнажения и локализация обрушения в массиве.

I.21. Коэффициент разрыхления не поддается надежному определению в каждом конкретном случае, поэтому для оценки влияния вынимаемой мощности используется кратность подработки  $K = H / m_p$  [3]. Критерием выхода воронки обрушения на поверхность по кратности является  $K \leq 10$  для пологого и наклонного залегания и  $K \leq 15$  для крутого падения ( $\alpha \geq 45^\circ$ ).

I.22. Обрушение пород развивается по вертикали над выработкой. Отклонение от вертикали в сторону висячего бока залежи объясняется наклоном залежи и вмещающих пород, слоистостью массива, наличием по оседоту глубоких карьерных выработок. Отклонение от вертикали, вызванное слоистостью массива и наклоном плоскости залегания пород  $\alpha$ , не выходит за пределы угла  $\theta$ , который вычисляется по формуле

$$\theta = 90^\circ - \alpha \cos \alpha \quad (I)$$

и отклоняется от заданной выработки в сторону висячего бока (см. рис. I).

I.23. Развитие обрушений во времени зависит от соотношения  $H/L$  и крепости пород  $f$ . При соотношениях  $H/L < 2$  воронки обрушения появляются в течение первых трех лет после образования пустоты. При значениях  $H/L > 2$  время выхода обрушений на поверхность зависит от крепости пород и структуры массива и достигает 5-10 и более лет.

## 2. ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОБНАЖЕНИЙ И УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ПРОВАЛОВ

2.1. Эмпирической основой метода оценки устойчивости обнажений и условий образования провалов является обобщенный график (рис. 2), где в зависимости от крепости пород  $f_{cp}$  и соотноше-

ния  $H/L$  представлены фактические случаи обрушений и устойчивых обнажений в условиях Криворожского и других рудных месторождений.

2.2. Количественное значение функции  $q$  для кривой 2, отделяющей зону образования провалов от устойчивых сводообразных обнажений, составляет  $1 \cdot 10^{-2}$ . Для кривой 1, выделяющей случаи плоского устойчивого обнажения, это значение равно  $1 \cdot 10^{-3}$ .

2.3. Пользуясь графиком (см. рис. 2), можно оценить состояние конкретной пустоты, если определить ее положение в осях координат  $f_{cp}$  и  $H/L$ . Положение точки в зоне плоского устойчивого обнажения (между осью  $f_{cp}$  и кривой 1) исключает возможность выхода обрушения на поверхность. Положение точки в правой стороне графика (между кривой 2 и осью  $H/L$ ) говорит о том, что обнажение неустойчивое и следует ожидать выхода обрушения на поверхность, если позволяет кратность подработки.

2.4. Промежуточная зона (между кривыми 1 и 2) отвечает сводообразному устойчивому обнажению, как промежуточному состоянию между устойчивым плоским обнажением и оквзовым обрушением пород до поверхности. Время развития процесса обрушения в этом случае зависит от конкретного сочетания горно-геологических факторов и может составить от 5 до 10 лет и более, а в отдельных благоприятных условиях свод сохраняет свою устойчивость неограниченное время.

2.5. Для количественной оценки устойчивости обнажения используется расчетная относительная величина стрелы прогиба  $q$  над пролетом  $L$  обнажения толщи перекрывающих пород  $H$  крепостью  $f_{cp}$  (см. рис. 1), которая определяется функцией

$$q = \frac{l}{1 + (H/L)^n} \quad (2)$$

2.6. Для слоистого массива в условиях первичной подработки и отсутствия тектонических нарушений параметр  $n = 0,5f_{cp}$ , где  $f_{cp}$  — средневзвешенное (по мощности) значение крепости пород по М.М. Протодьяконову.

2.7. При наличии тектонических нарушений, пересекающих подработанный массив, параметр  $n = 0,5 f_{cp}$  уменьшается на одну треть ( $n = 0,33f_{cp}$ ). Наличие верхних отработанных горизонтов, вызвавших движение поверхности, следует учитывать при оценке устойчивости пустот на нижележащих горизонтах путем уменьшения параметра  $n$  также на одну треть. При суммарном влиянии этих двух факторов расчетное значение параметра  $n$  не должно быть менее  $0,25f_{cp}$ .

2.8. Граничная кривая 2 на графике (см. рис. 2) отвечает расчетному значению  $q = 1 \cdot 10^{-2}$  по формуле (2) и является первым

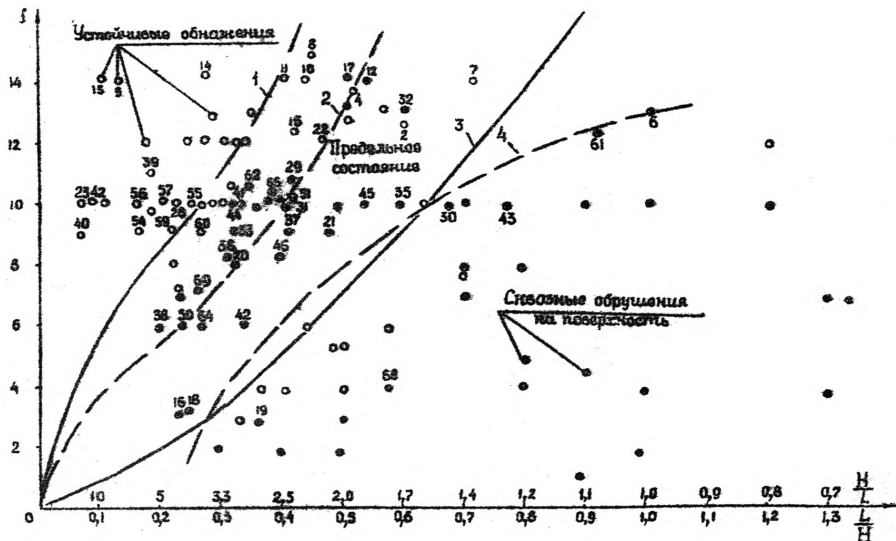


Рис. 2. Сводный график условий образования провалов и устойчивых обвалений:  
 1 - кривая, разделяющая плоское устойчивое обваление от сводообразного, отвечающая значению функции  $q = 1 \cdot 10^{-3}$ ; 2 - кривая, разделяющая сводообразное устойчивое обваление от условий образования провалов, отвечающая значением функций  $q = 1 \cdot 10^{-2}$ ; 3 - по И.Д.Ривкину; 4 - по В.И.Кузьмину

критерием обрушения с выходом воронки на поверхность (если позволяет кратность подработки).

2.9. Граничная кривая I согласно формуле (I) отвечает значению  $q = 1 \cdot 10^{-3}$ . Это значение  $q$  является критерием устойчивого плоского обнажения, исключающим обрушение поверхности.

2.10. Количественным критерием сводообразного обнажения, обеспечивающим долговременную устойчивость и исключающим выход обрушения на поверхность в течение 20-25 лет, является  $q = 3 \cdot 10^{-3}$ .

2.11. Для конкретной оценки состояния обнажения выработанного пространства (пустоты) по формуле (I) необходимо определить: глубину горной выработки  $H$  — расстояние от верхней границы пустоты до наносов, м; средневзвешенное значение крепости пород  $f_{cp}$  по вертикали от середины пролета выработанного пространства; пролет обнажения  $L$ , м; при этом второй размер обнажения  $l$  должен более чем в два раза превышать пролет  $L$ , в противном случае рассчитывается эквивалентный пролет  $L_p$  по формуле (3):

$$L_p = \frac{L l}{\sqrt{L^2 + l^2}}. \quad (3)$$

Для крутопадающих залежей ( $\alpha \approx 45^\circ$ ) в качестве размера выработки по падению следует принимать среднее значение между его фактической величиной и проекцией на горизонтальную плоскость согласно формуле (4)

$$L_{cp} = \frac{L}{2} (1 + \cos \alpha). \quad (4)$$

2.12. В таблице приведены возможные случаи сочетания критериев  $q$ , кратности подработки  $K$  и ожидаемый конечный результат.

2.13. Для оценки устойчивости обнажения в течение первых трех лет с момента его образования следует пользоваться критерием обрушения  $q_{кр} = 1 \cdot 10^{-2}$ . Условие долговременной устойчивости обнажения на срок 20 лет оценивается по критерию  $q_{кр} = 3 \cdot 10^{-3}$ . Критерий  $q_{кр} = 1 \cdot 10^{-3}$  характеризует плоское устойчивое обнажение, не ограниченное во времени.

2.14. Вероятное время выхода обрушения на поверхность (если оно обусловлено кратностью) определяется по пунктирной линии графика (рис. 3) на основе расчетного значения  $q$ . Значительный разброс фактических данных в пределах полос, ограниченной кривыми I и 2, объясняется неучтенным влиянием тектонических нарушений и других второстепенных факторов.

2.15. Зона возможного обрушения пород в массиве и воронкообразо-

Расчетное значение	Кратность подработки	Ожидаемый результат
$q \ll 1 \cdot 10^{-3}$	При любой кратности	Устойчивое плоское обнажение, обрушение поверхности исключается
$1 \cdot 10^{-3} \leq q \leq 3 \cdot 10^{-3}$	$K \approx 10$	Устойчивое обнажение, обрушение поверхности исключается
$1 \cdot 10^{-3} \leq q \leq 3 \cdot 10^{-3}$	$K < 10$	Устойчивое обнажение, обрушение исключается на срок не менее 20 лет
$3 \cdot 10^{-3} \leq q \leq 5 \cdot 10^{-3}$	$K \approx 10$	Устойчивое сводообразное обнажение, обрушение локализуется в массиве, поверхности не достигает
$3 \cdot 10^{-3} \leq q \leq 5 \cdot 10^{-3}$	$K < 10$	Устойчивое сводообразное обнажение на срок не менее 10 лет, затем возможен провал
$5 \cdot 10^{-3} \leq q \leq 1 \cdot 10^{-2}$	$K \approx 10$	Устойчивое сводообразное обнажение, обрушение локализуется в массиве и поверхности не достигает
$5 \cdot 10^{-3} \leq q \leq 1 \cdot 10^{-2}$	$K < 10$	Устойчивое сводообразное обнажение на срок не менее трех лет, затем возможен провал
$q > 1 \cdot 10^{-2}$	$K \approx 15$	Обнажение неустойчивое, возможно значительное оседание поверхности без провального обрушения
$q > 1 \cdot 10^{-2}$	$10 < K < 15$ $\alpha \geq 45^\circ$	Обнажение неустойчивое с выходом воронки обрушения на поверхность в течение года
$q > 1 \cdot 10^{-2}$	$K \ll 10$	Обрушение поверхности в течение года

вания на поверхности для верхних горизонтов (0-200 м) определяется углами  $\nu = 85^\circ$  от границ выработки.

2,16. Для нижележащих горизонтов (200-600 м) зона обрушения со стороны висячего бока ограничивается углом  $\theta = 90^\circ - \alpha_{свод}$ , а со стороны лежащего бока - углом  $\nu = 85^\circ$  от верхней границы выработанного пространства.

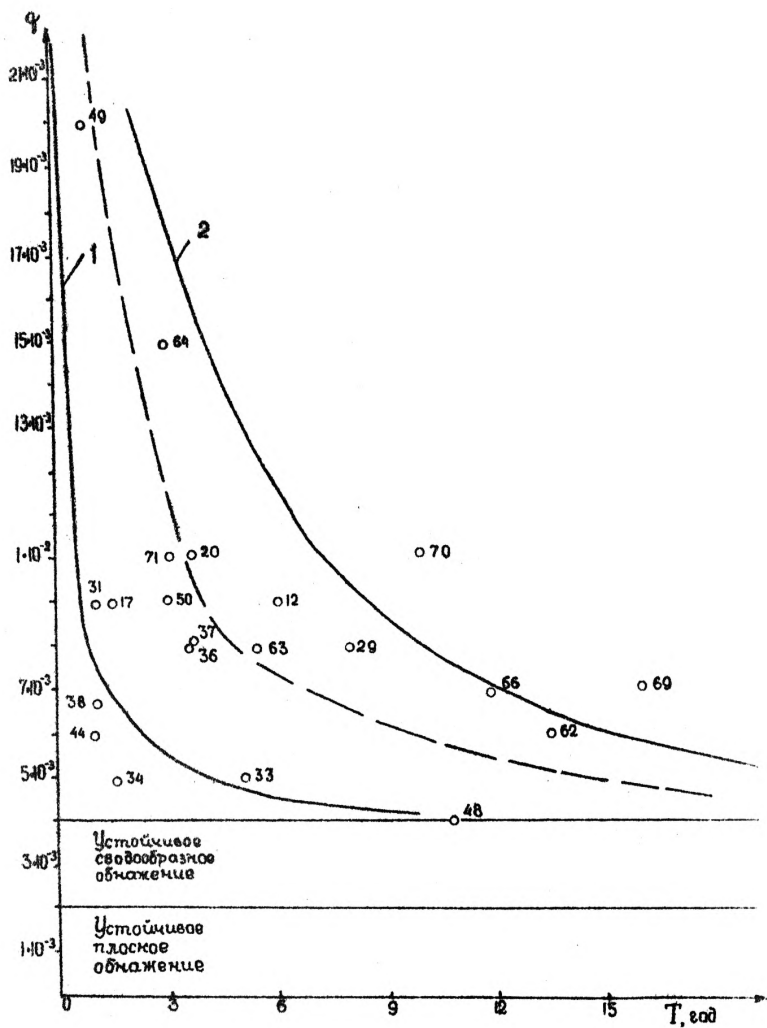


Рис. 3. График распределения обрешений во времени

2.17. При разработке залежей на глубине более 600 м выходов зон обрушения на поверхность в Кривбассе не зафиксировано.

### 3. ПРИМЕРЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ

#### 3.1. Рудник имени Коминтерна, пустота по I39 оси

Широкообразная залежь на глубине 300 м отработана в 1967-1965 гг. (рис.4). Выработанное пространство частично заполнено обрушенными породами всяческого бока и закладочным материалом.

По результатам съемки 1968 г. верхний контур камеры сохраняет устойчивую форму с момента отработки в 1957-1959 гг. Пустота общим объемом 800 тыс. м<sup>3</sup> сохраняет свое устойчивое состояние и в настоящее время (1983 г.).

Горно-геологические условия залежи:

глубина горной выработки по коренным породам, Н, 280 м;

угол падения залежи,  $\alpha$ , 65°;

вертикальная мощность,  $m_g$ , 68 м;

средняя крепость пород,  $f_{ср}$ , 10;

размер пустоты по простиранию,  $l$ , 80 м;

размер обнажения по падению,  $L$ , 100 м;

Исходя из кратности подработки ( $K = H/m_g = 4,1$ ) обрушение, если оно произойдет, выйдет на поверхность.

Для оценки устойчивости обнажения в данных условиях ( $\alpha \approx 45^\circ$ ) рассчитывается средний пролет по падению по формуле (4):

$$L_{ср} = \frac{l}{2} (1 + \cos \alpha) = \frac{100}{2} (1 + 0,42) = 71 \text{ м}$$

и эквивалентный пролет обнажения по формуле (3):

$$L_g = \frac{L_{ср} l}{\sqrt{L_{ср}^2 + l^2}} = \frac{71 \times 80}{\sqrt{71^2 + 80^2}} = 53 \text{ м.}$$

Расчетное значение критерия  $q$  по формуле (1):

$$q = \frac{1}{1 + (H/L_g)^{0,5} f_{ср}} = \frac{1}{1 + (280/53)^5} = 0,24 \cdot 10^{-3},$$

что в 4 раза меньше критического значения для плоского устойчивого состояния:

$$\frac{q_{кр}}{q} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{0,24 \cdot 10^{-3}} = 4$$

Разрез по оси 139

Вертикальная проекция

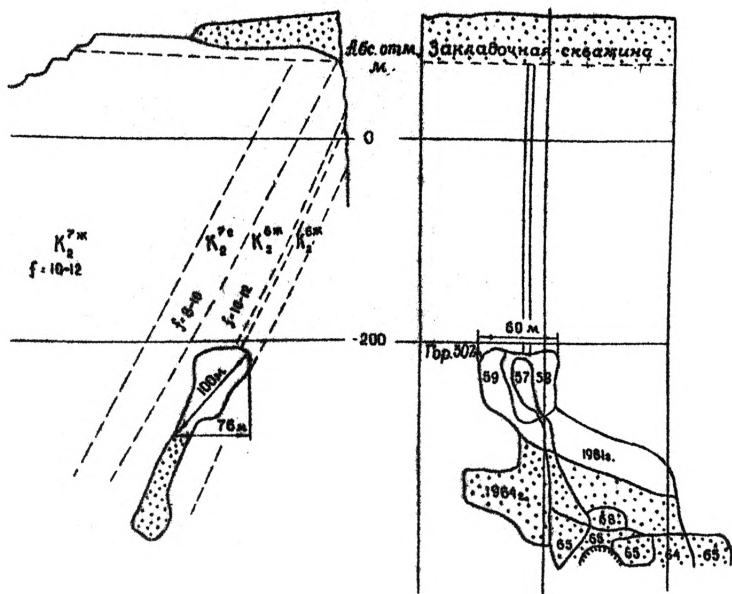


Рис. 4. Горно-геологические условия плоского устойчивого обнажения на руднике им. Коминтерна

Таким образом данное обнажение оценивается как плоское, обеспечивающее устойчивость выработки неограниченное время.

### 3.2. Рудник имени Коминтерна, шахта "Октябрьская", обрушение 1964 г. по 48 оси

Залежь "Основная" на глубине 260 м отработана в 1947-1966 гг. Провал в районе 48 оси вышел на поверхность в марте 1964 г. из-под безрудного целика, соседние участки отработаны в 1938-1940 гг. с выходом обрушения на поверхность (рис.5). В этих условиях массив



Разрез по оси 48 шх. "Октябрьская" Вертикальная проекция

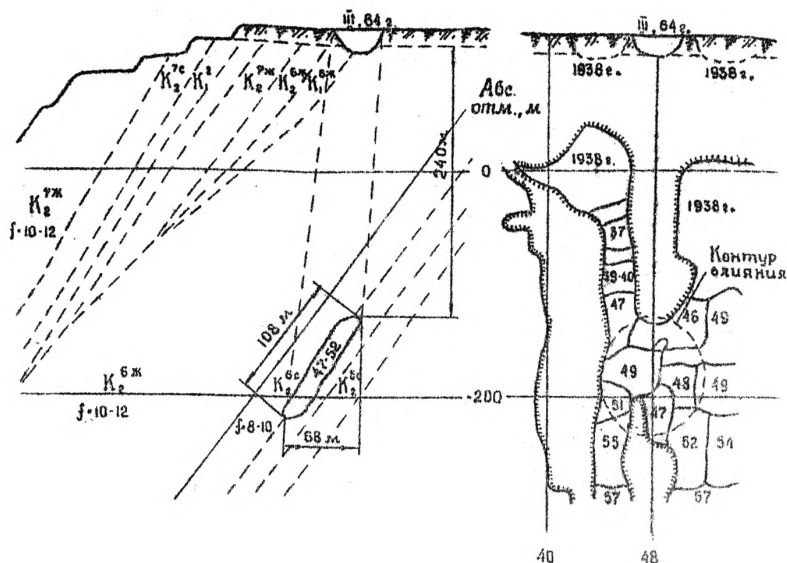


Рис. 5. Горно-геологические условия выхода обрушения на поверхность от залежи "Основа" на руднике им. Коминтерна

горных пород частично потеряли свою первоначальную связанность, поэтому коэффициент крепости пород следует уменьшить на одну треть.

Горно-геологические условия залежи:

глубина горной выработки по коренным породам,  $H$ , 240 м;

угол падения залежи,  $\alpha$ ,  $53^{\circ}$ ;

вертикальная мощность,  $m_g$ , 30 м;

средняя крепость пород с учетом подработанности,  $0,33 k_{ср} = 7$ ;

размер обнажения по простиранию,  $l$ , 88 м;

размер пустоты по падению,  $L$ , 108 м;

Для оценки устойчивости обнажения определяем средний пролет по падению по формуле (4):

$$L_{ср} = \frac{L}{2} (1 + \cos \alpha) = \frac{108}{2} (1 + 0,6) = 86,5 \text{ м.}$$

Эквивалентный пролет

$$L_3 = \frac{L_{cp} \cdot 1}{\sqrt{L_{cp}^2 + 1^2}} = \frac{86,5 \times 88}{\sqrt{86,5^2 + 88^2}} = 61 \text{ м.}$$

Расчетное значение критерия

$$q = \frac{1}{1 + (H/L_3)^{0,5f_{cp}}} = \frac{1}{1 + (240/61)^{3,5}} = 0,8 \cdot 10^{-2}.$$

Согласно таблице при кратности подработки  $K = H/m_0 = 8$  выход обрушения на поверхность следовало ожидать через три года после образования пустоты. Фактически обрушение вышло на поверхность через восемь лет.

### 3.3. Рудник имени XX партсъезда, обрушение 26.01.1983 г.

В данном сечении (рис.6) были отработаны две залежи. Верхняя столбобразная залежь 4-10 была отработана в 1965 г. на глубине 230 м и самостоятельного влияния на обрушение слагасть не могла, так как при пролете  $l = 60$  м (размер по простиранию) и крепости пород  $f_{cp} = 12$  расчетное значение критерия  $q$  определяет плоское заводное устойчивое обнажение:

$$q = \frac{1}{1 + (H/L)^{0,5f_{cp}}} = \frac{1}{1 + (230/60)^6} = 0,3 \cdot 10^{-3}.$$

Отработка нижележащей столбобразной залежи в 1978 г. привела к образованию пустоты с размерами по падению  $L = 280$  м, по простиранию  $l = 100$  м. В качестве расчетного значения пролета принимается размер по простиранию, так как он более чем в два раза меньше размера пустоты по падению.

Расчетный параметр  $n=0,5f_{cp}$  с учетом частичной подработанности массива вышележащей залежи уменьшается на одну треть и принимается равным 4.

Глубина залежи по коренным породам  $H = 360$  м. Расчетное значение критерия в этих условиях

$$q = \frac{1}{1 + (H/L)^{0,5f_{cp}}} = \frac{1}{1 + (360/100)^4} = 0,6 \cdot 10^{-2}.$$

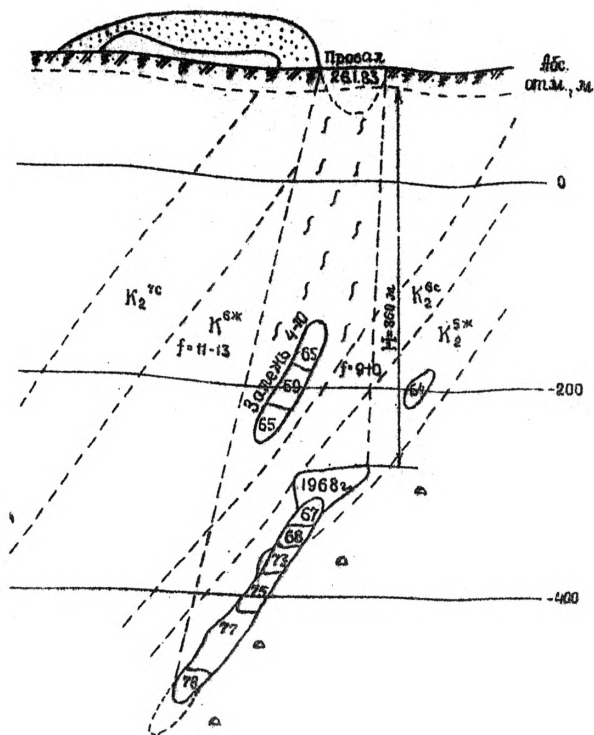


Рис. 6. Горно-геологические условия образования обрушения на руднике им. XX партсъезда

Согласно таблице при кратности подработки  $k = n/m g = 4,5$  выход обрушения на поверхность следовало ожидать через три года, фактически оно вышло на поверхность через пять лет.

#### ВЫВОДЫ

Настоящий метод оценки устойчивости обнажений и условий образования провалов успешно используется в Кривбассе. В частности, по

данной методике производилась оценка устойчивости обнажений с точки зрения обеспечения безопасности горных работ в карьерах (ЦЮК, СевЮК), при размещении отвалов вскрышных пород на подработанной поверхности (ЦГК, НКЮК), при прокладке автодорог через зону обрушения (карьеры Северный и Южный и/о "Кривбасруд") и др.

Настоящая методика оценки устойчивости обнажений и условий образования провалов успешно применяется на железорудных месторождениях Горной Шории и Хакасии [1]. Для применения ее с этой же целью на других рудных месторождениях необходимо выполнить анализ горно-геологических условий залегания и разработки залежей, анализ фактических условий образования провалов и соответствия количественных критериев названным условиям.

### Л и т е р а т у р а

1. Временная инструкция по условиям безопасной отработки слепых рудных залежей на железорудных месторождениях Горной Шории и Хакасии. Новокузнецк, ВОСТНИГТИ, 1977, 48 с.

2. Кузьмин В.И. Сдвигание горных пород при разработке слепых залежей в Криворожском бассейне. Сб. ВНИИИ, LXXII. Л., 1969, с.248-260.

3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния горных работ в Криворожском железорудном бассейне. Л., ВНИИИ, 1976, с.16-24.

4. Ривкин И.Д., Кучер В.М. Условия устойчивости пород над выработанным пространством слепых рудных залежей. Безопасность труда в промышленности, 1969, № 8, с.48-50.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	3
1. Общие положения . . . . .	5
2. Оценка устойчивости обнажений и условий образования провалов . . . . .	8
3. Примеры контрольных расчетов . . . . .	14
3.1. Рудник им. Коминтерна, пустота по I39 оси . . . . .	14
3.2. Рудник им. Коминтерна, шахта "Октябрьская", обрушение 1964 г. по 48 оси . . . . .	15
3.3. Рудник им. XI партсъезда, обрушение 26.01.1963 г. . . . .	17
Заключение . . . . .	18
Литература . . . . .	19

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОБНАЖЕНИЙ В МАССИВЕ И УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ПРОВАЛОВ НА ПОВЕРХНОСТИ В КРИВОРОЖСКОМ БАССЕЙНЕ

Научный редактор канд. техн. наук Г.Г. Суржин  
Литературный редактор Л.А. Порубай  
Технический редактор А.Г. Воронцова  
Корректор М.П. Елинсон. Художник Б.М. Попов

---

Подписано к печати 2 марта 1984 г.  
Объем 1,2 уч.-изд.л. Тираж 200 экз. Заказ № 391.  
Цена 20 коп.