

Г.Ф.ПИВЕНЬ, канд. техн. наук, профессор, pivengf@rambler.ru
Московский государственный горный университет

G.F.PIVEN, PhD in eng. sc., professor, pivengf@rambler.ru
Moscow State Mining University

ПАРАМЕТРЫ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КИМБЕРЛИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Дается анализ состояния массива пород, окружающих выработанное пространство трубки «Удачная» при ее дальнейшей подземной разработке, в результате которого выделены факторы, способствующие устойчивости вмещающего массива и снижающие ее.

Ключевые слова: комбинированная разработка, кимберлитовые месторождения, система разработки, подкарьерные запасы, устойчивость массива.

PARAMETERS OF UNDERGROUND OPERATIONS IN COMBINED MINING OF KIMBERLITE DEPOSITS

The paper analyses the condition of rock massifs surrounding the mined-out area of the Udachnaya kimberlite tube in further mining. Factors that enhance and decrease stability of the enclosing rock massifs are determined.

Key words: combined mining, kimberlite deposits, mining system, underlying stocks, stability of rock massif.

Анализируя состояние массива пород, окружающих выработанное пространство трубки «Удачная» при ее дальнейшей подземной разработке целесообразно выделить два комплекса факторов – способствующих устойчивости вмещающего массива и снижающих ее. В этом смысле в число факторов снижающих устойчивость и прочностные свойства этого массива, а также уменьшающих в конечном итоге эксплуатационную способность стволов и других капитальных выработок в нем можно отнести:

1. Сам факт сложности геомеханических процессов при ведении совместной разработки месторождения открытым и подземным способами. В этой связи следует отметить, что если в Кривом Роге или Тырнаузе (ТВМК) отработка месторождения открытым и подземным способами была совмещена во времени и в пространстве (т.е. по вертикали), то в данном случае это со-

вмещение отмечено лишь в пространстве, но не во времени. Это существенно упрощает, как само по себе ведение горных работ подземным способом, так и возможные последствия этих работ.

2. Недостаточная прочность вмещающих пород. Средняя прочность вмещающих пород по данным отчета: «Подземный рудник «Удачный» Технические условия на разработку технологического регламента для проектирования технологии отработки подкарьерных запасов трубки «Удачная» г. Мирный, 2006 г.» по шкале проф. М.М.Протоdjeяконова – 5. Если учесть, что основная составляющая нагрузок на породы вертикальное сжатие, то такую прочность можно считать, по крайней мере средней, тем более, что формирование зоны опорного давления в условиях разработки трубообразной залежи происходит плавно и с относительно небольшими (до 1,5) коэффициентами концентрации напряжений в ней.

3. Использование систем разработки с обрушением вмещающих пород. Применение систем с обрушением вмещающих пород в общем случае практически не препятствует смещению их по горизонтали в сторону выработанного пространства в данном случае, распространению зоны деформированных пород в направлении стволов, квершлаггов, спиральных спусков и т.д. Однако вследствие достаточно высокой разрыхляемости пород ($K_{\text{разр}} = 1,5$ по данным вышеуказанного отчета) рост зоны нарушенных пород по горизонтали, замедленный, к тому же процесс деформирования пород вдоль горизонтальных слоев затруднен. По мере уменьшения размеров обрабатываемых рудных тел, с глубиной, боковой распор пород в зоне обрушения будет возрастать, увеличение размеров зон деформированных боковых пород в горизонтальном направлении уменьшается. На определенном этапе разработки рудных тел по глубине возможно полное самоподбучивание обрушающихся боковых пород при котором рост зоны деформирующихся пород по горизонтали практически прекратится.

4. Большая общая (свыше 1000 м) глубина разработки рудных тел. Влияние этого фактора на распространение зоны деформирующихся пород в направлении капитальных выработок и стволов в значительной степени снижается в связи с ограниченностью размеров обрабатываемых рудных тел в плане. Боковой распор (объемная задача) даже в условиях ведения горных работ открытым способом позволил увеличить углы наклона бортов карьера до 50° (в торце залежей). Очевидно, что с уменьшением размеров рудных тел в плане тем более при ведении подземных горных работ, влияние его на устойчивость боковых пород еще более возрастает.

5. Растепление массива пород по мере понижения уровня горных работ. Согласно исследованиям института ЯКУТНИПРОАЛМАЗ (Отчет за 2006 г.) «подкарьерные запасы трубки представляют собой переохлажденный массив». По всем скважинам (№№ 308, 310, 316) отрицательные температуры зафиксированы до глубины не менее 700 м (абс. отметка –

330 м). Влияние этого фактора на состояние боковых пород (ослабление их устойчивости) вряд ли стоит считать определяющим, по крайней мере, на данной стадии разработки месторождения. К этому следует добавить непосредственную связь подземного выработанного пространства с охлажденным атмосферным воздухом через карьер.

К числу факторов способствующих устойчивости массива горных пород, окружающих трубку «Удачная» можно отнести:

1. Ограниченность размеров обрабатываемых рудных тел в плане. Процесс сдвижения пород в данном случае происходит в условиях неполной подработки земной поверхности, а значит и бортов существующего карьера. Неполнота подработки земной поверхности связана, как с увеличением глубины горных работ, так и с уменьшением размеров очистной выемки в плане. Таким образом, можно с достаточной уверенностью, считать, что интенсивность процесса деформирования пород по мере увеличения глубины горных работ будет уменьшаться.

2. Несогласное залегание вмещающих пород с рудной залежью. В данном случае очевидны весьма благоприятные условия с точки зрения невысокой интенсивности распространения зоны сдвижения и деформирования пород вокруг трубки по горизонтали. Практически исключено расслоение и прогиб пород в сторону выработанного пространства. Возможно лишь весьма замедленное перемещение пород по горизонтали вдоль слоев на уровне деформаций ползучести горных пород.

3. Положительный опыт ведения открытых горных работ. О достаточной устойчивости вмещающих пород свидетельствуют углы наклонов бортов карьера в условиях отсутствия бокового распора. Вследствие ограниченности размеров обрабатываемого рудного тела общий угол сдвижения горных пород от влияния открытых горных работ не менее 40° .

4. Длительность процесса деформирования массива вмещающих пород в данных условиях. Как известно, в условиях неполной подработки земной поверхности, продолжительность процесса сдвижения пород не регламентируется и, как правило весьма

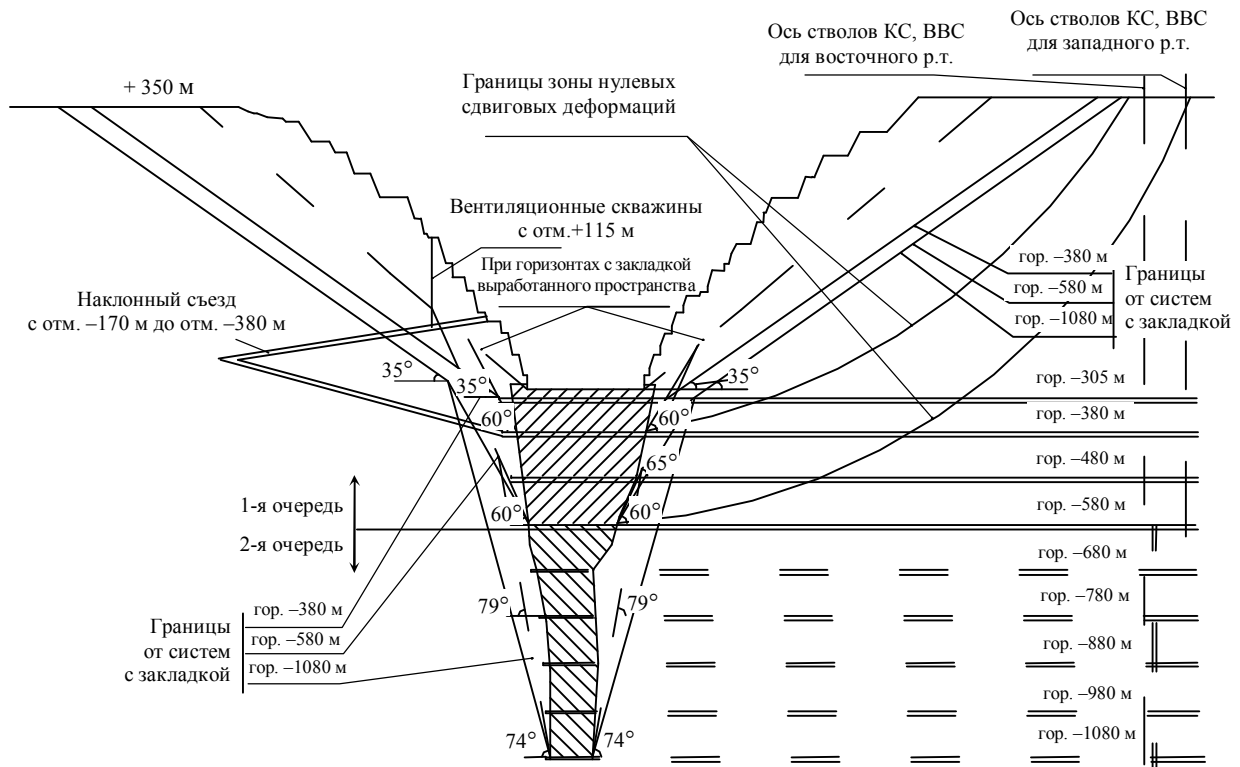


Рис.1. Схема сдвига горных пород при отработке трубки «Удачная»

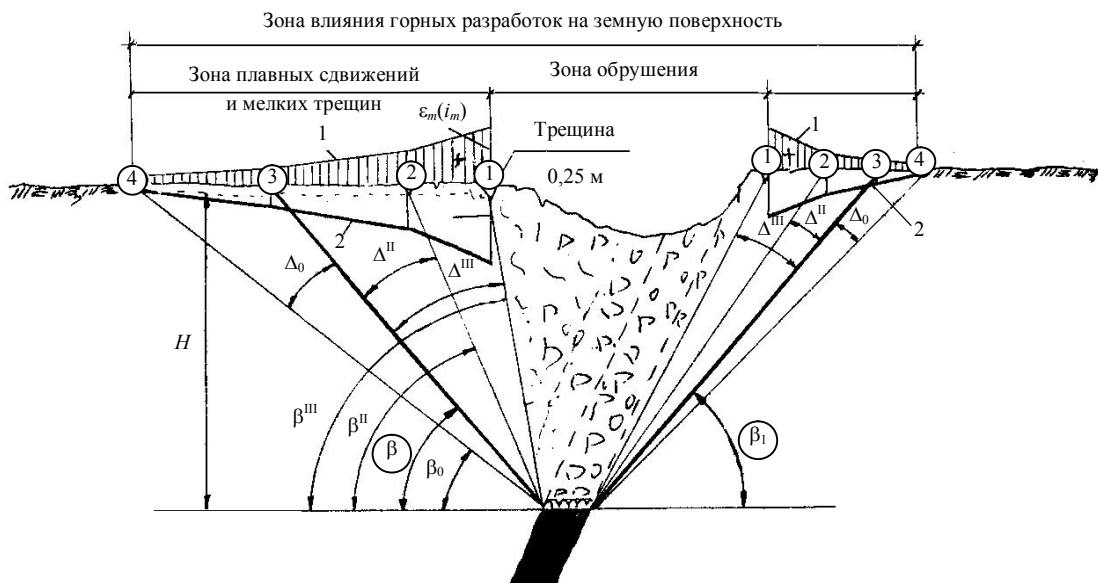


Рис.2. Схема к расчету величин сдвижений и деформаций земной поверхности вкострости рудной залежи

1 – кривая наклонов и деформаций; 2 – кривая оседаний

значительна. В зависимости от соотношения размеров очистного пространства и глубины горных работ величина продолжительности процесса сдвижения пород и земной поверхности может быть самой различной. В данном случае процесс деформирования вмещающих пород будет весьма плавным и длительным, что несомненно благоприятствует, как общему снижению уровня деформаций, так и возможности своевременной корректировки принятых систем и параметров подземной разработки месторождения.

На рис.1 показана уточненная граница зоны сдвижения массива от подземных горных работ до горизонта -1080 м, как при ведении горных работ с закладкой выработанного пространства, так и с его обрушением.

Угол сдвижения пород δ_H у вертикального торца залежи рассчитывается по формуле:

$$\delta_H = \delta - \frac{16,5}{Hf} + 17,1,$$

где δ – угол сдвижения при полной подработке; f – крепость пород; H – глубина раз-

работки, км; 16,5 и 17,1 – эмпирические коэффициенты.

Например, при $H = 1,0$ км, $f = 5$, $\delta = 60^\circ$, $\delta_H = 60^\circ - 3^\circ + 17^\circ,1 = 74^\circ$

Таким образом, угол, отстроенный от нижней границы залежи должен быть не менее 74° , даже без учета фактора несогласного залегания вмещающих пород с рудным телом.

Граница зоны сдвижения пород от контура трубки должна быть проведена сначала под углом полной подработки δ , равным 60° , а затем под углом 35° – минимальным углом сдвижения слабых пород в данных условиях. Аналогично строят границы зон сдвижения пород от горизонтов -580 и -1080 м. Совпадение границ зоны сдвижения толщи между горизонтами -305 и -1080 м обусловлено тем, что эта граница для системы с закладкой выработанного пространства дана с некоторым запасом. Схема к расчету сдвижения и деформаций земной поверхности представлена на рис.2.