

УДК 622.83:622.411.332.023.623

А.Е. Кольчик

ПОДНЯТИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕ УГЛЯ

Институт физики горных процессов НАН Украины

Приведены результаты натурных наблюдений за смещениями земной поверхности при больших скоростях подвигания очистных забоев.

Ключевые слова: уголь, горный массив, горные выработки, зона деформаций

Известно, что подземная разработка месторождений полезных ископаемых зачастую приводит к существенным геомеханическим преобразованиям в подрабатываемом горном массиве. Особенно большое влияние оказывает отработка угольных пластов при управлении кровлей полным обрушением пород. В подработанном массиве нарушается структура, изменяются пористость, влажность и физико-механические свойства горных пород. Над выработанным пространством происходит опускание земной поверхности [1].

Сдвигание горного массива имеет различный характер проявлений [1–4]. Причем он существенно зависит от сочетания горно-геологических факторов (глубина ведения работ, угол падения и мощность пласта, мощность и прочность подрабатываемых породных слоев, структура горных пород, наличие тектонических нарушений и др.).

За время осуществления подземной разработки месторождений полезных ископаемых выполнен большой объем исследований процессов сдвигания горного массива и земной поверхности [1–7].

Было установлено, что у границы мульды сдвигания в некоторых случаях наблюдается поднятие земной поверхности [8, 9]. Здания и сооружения, попадающие в эту зону, испытывают знакопеременные деформации, что отрицательно сказывается на их устойчивости. Однако до настоящего времени исследований по вопросам поднятия земной поверхности при больших скоростях подвигания очистных забоев выполнено довольно мало.

В связи с этим в ИФГП НАН Украины были проведены исследования по вопросам влияния подземной разработки угольных пластов на поднятие земной поверхности.

Наблюдения за смещениями земной поверхности выполнялись при отработке пласта d_4 (шахта «Красноармейская-Западная № 1») и пласта m_3 («Трудовская»). В горном массиве над пластом d_4 залегает три мощных слоя пес-

чаника с пределом прочности на одноосное сжатие, равным 90–105 МПа. Средневзвешенная прочность пород на одноосное сжатие до глубины 630 м составляет 50 МПа.

Было установлено, что поднятие земной поверхности происходит при скорости подвигания лавы более 2 м/сут и наличии в подрабатываемом массиве мощных и прочных породных слоев [10].

При отсутствии мощных и прочных породных слоев в подрабатываемом горном массиве поднятие земной поверхности впереди створа движущейся лавы не наблюдается. Так, в условиях отработки угольного пласта m_3 на шахте «Грудовская» даже при скорости подвигания очистного забоя 4 м/сут это явление не происходит. Это объясняется тем, что в подрабатываемом горном массиве залегают не прочные породы, средневзвешенная прочность которых равна всего 20 МПа.

При залегании над разрабатываемым пластом мощных и прочных породных слоев над выработанным пространством висят консоли большой длины. При этом одним из основных факторов, влияющих на длину зависающей породной консоли, является скорость подвигания лавы [11].

Профессор В.Д. Слесарев предложил рассматривать горный массив как бесконечно длинную балку (получаемую путем сечения двумя вертикальными плоскостями), нагруженную собственным весом. При прогибе такой балки над нетронутым массивом будет возникать момент, который вызовет поднятие земной поверхности [12].

Поднятие земной поверхности произойдет в том случае, если вес пород в зависшем над выработанным пространством массиве больше, чем в ожидаемом месте поднятия (рис. 1).

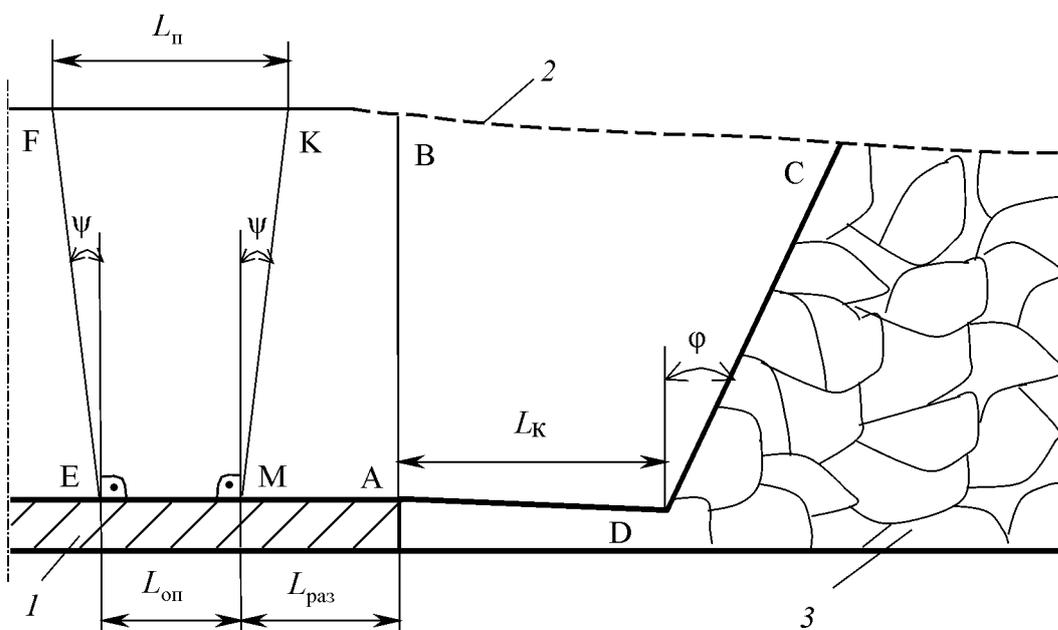


Рис. 1. Схема к расчету возможного поднятия земной поверхности: 1 – угольный пласт, 2 – земная поверхность, 3 – обрушенные породы

Иными словами, должно выполняться условие $P_k > P_{\Pi}$, где P_k – вес пород в блоке ABCD, зависающем над выработанным пространством; P_{Π} – вес пород в ожидаемом месте поднятия блока ЕФКМ.

Вес пород в зависшем над выработанным пространством массиве равен

$$P_k = \frac{2L_k + H \operatorname{tg} \varphi}{2} H \gamma b, \text{ т,} \quad (1)$$

где L_k – длина консоли, м; φ – угол обрушения пород, град., $\varphi = 10\text{--}20^\circ$; H – глубина разработки, м; γ – объемная плотность пород, т/м³; b – ширина рассматриваемой полосы консоли, м.

Вес пород в ожидаемом месте поднятия составит

$$P_{\Pi} = \frac{L_{\Pi} L_{\text{раз}}}{2} H \gamma b = (L_{\text{раз}} + H \operatorname{tg} \Psi) H \gamma b, \text{ т,} \quad (2)$$

где L_{Π} , $L_{\text{раз}}$ – протяженность соответственно зоны поднятия и разгруженной зоны, м; Ψ – угол сдвижения пород в зоне поднятия, град., $\Psi = 5\text{--}8^\circ$.

Протяженность разгруженной зоны и зоны поднятия зависит от длины породной консоли [13]. Причем разгруженная зона появляется при длине породной консоли более 30 м и может быть определена по формуле

$$L_{\text{раз}} = 1,37L_k, \text{ м.} \quad (3)$$

Протяженность зависающей породной консоли зависит от мощности породного слоя, скорости подвигания очистного забоя и прочности пород. Данная зависимость описывается уравнением [14]:

$$L_k = 18 + 0,007 \frac{V_{\text{л}} M K_{\text{уст}} \sigma_{\text{сж}} H}{m \sigma_{\text{у}}}, \text{ м,} \quad (4)$$

где $V_{\text{л}}$ – скорость подвигания лавы, м/сут; M – мощность слоя песчаника, м; $K_{\text{уст}}$ – коэффициент устойчивости, $K_{\text{уст}} = t_{\text{св}}/h_{\text{св}}$; $t_{\text{св}}$ – продолжительность развития свода сдвижения горного массива по направлению движения лавы после ее отхода от разрезной печи на расстояние более $1,5l_{\text{л}}$, сут; $l_{\text{л}}$ – длина лавы, м; $h_{\text{св}}$ – высота свода сдвижения горного массива, при раскрытии свода принимается равной $h_{\text{св}} = H$, м; $\sigma_{\text{сж}}$, $\sigma_{\text{у}}$ – предел прочности пород на одноосное сжатие соответственно пород и угля, МПа; m – мощность пласта, м.

Тогда условие возможности поднятия земной поверхности будет иметь вид

$$47 \cdot 10^{-4} \sigma_{\text{сж}} M V_{\text{л}} + 0,5 H \operatorname{tg} \varphi > 62 \cdot 10^{-5} M V_{\text{л}} \sigma_{\text{сж}} + \operatorname{tg} \Psi H. \quad (5)$$

Решая данные уравнения относительно $V_{\text{л}}$, определим минимальную, необходимую для поднятия поверхности скорость подвигания очистного забоя. При этом поднятие земной поверхности будет происходить при условии

$$V_{\text{л}} \geq H(\operatorname{tg} \Psi - 0,5 \operatorname{tg} \varphi)(40,8 \cdot 10^{-4} M \sigma_{\text{сж}})^{-1}, \text{ м/сут.} \quad (6)$$

Необходимую минимальную скорость подвигания лавы, при которой будет происходить поднятие земной поверхности, можно определить, используя номограмму (рис. 2).

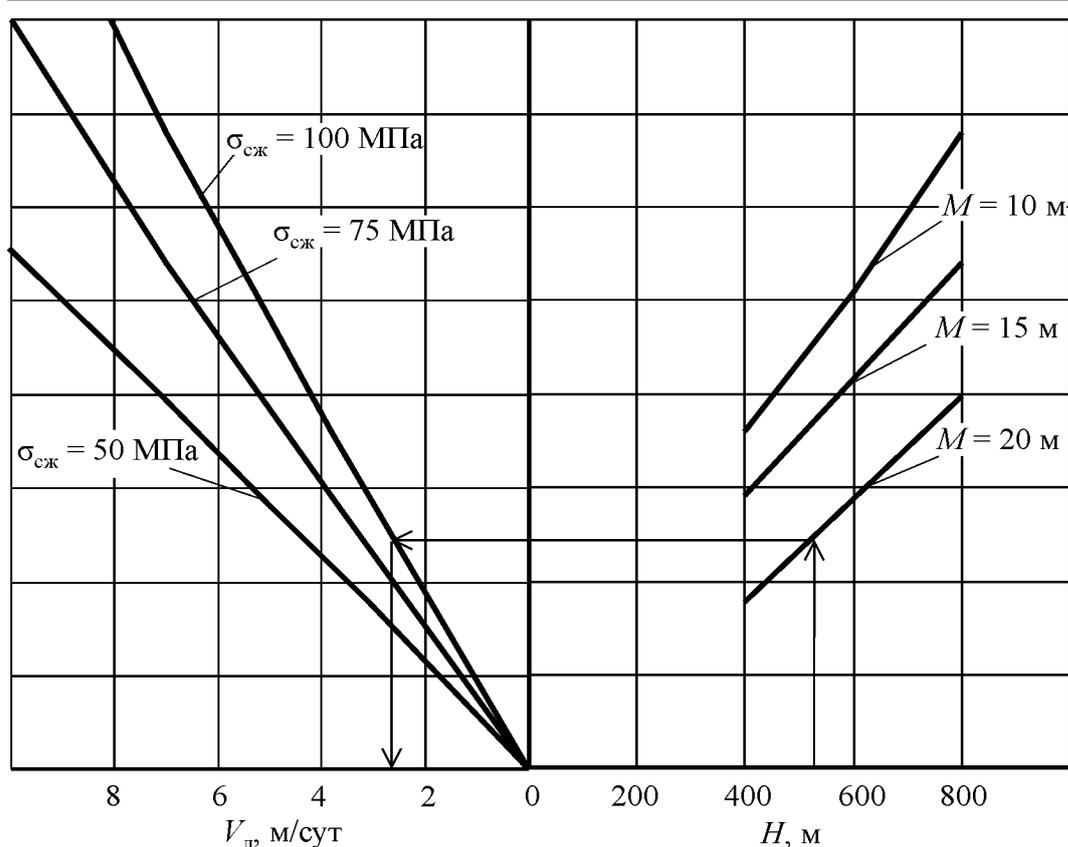


Рис. 2. Номограмма для определения минимально необходимой для поднятия земной поверхности скорости подвигания лавы

Выводы

Из изложенного выше можно сделать вывод, что поднятие земной поверхности впереди створа движущейся лавы возможно при наличии в подрабатываемом массиве прочных породных слоев мощностью более 10 м и скорости подвигания очистного забоя более 2 м/сут. При подработке зданий и сооружений требуется, чтобы скорость подвигания очистного забоя не превышала минимально необходимую для поднятия скорость подвигания лавы.

1. *Беляев Е.В.* Теория подрабатываемого массива горных пород / Е.В. Беляев. – М.: Наука, 1987. – 176 с.
2. *Акимов А.Г.* Сдвигение горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений // А.Г. Акимов, В.Н. Земисев, Н.Н. Канцельсон и др. – М.: Недра, 1970. – 224 с.
3. *Четверик М.С.* Теория сдвигения массива горных пород и управление деформационными процессами при подземной выемке угля / М.С. Четверик, Е.В. Андрощук. – Днепропетровск: РИА «Днепр-VAL», 2004. – 148 с.
4. *Кратч Г.* Сдвигение горных пород и защита подрабатываемых сооружений / Г. Кратч. – М.: Недра, 1978. – 494 с.

5. *Гавриленко Ю.Н.* Динамика оседания земной поверхности при большой глубине и высокой скорости подвигания забоя / Ю.Н. Гавриленко, Н.М. Папазов, Т.В. Морозова // Проблемы гірського тиску. – 2000. – № 4. – С. 108–119.
6. *Айруни А.Т.* Деформация горных пород при подземной разработке месторождений полезных ископаемых / А.Т. Айруни, М.А. Иофис // Горные науки в СССР. – М.: Наука, 1985. – С. 41–64.
7. *Бубнова Е.А.* Горизонтальные деформации в динамической мульде сдвижения / Е.А. Бубнов // Геотехническая механика. – 2006. – № 62. – С. 127–133.
8. *Авершин С.Г.* Некоторые свойства процесса сдвижения горных пород и вопросы сдвижения / С.Г. Авершин. – Л.: ВНИМИ, 1961. – 204 с.
9. *Авершин С.Г.* Сдвижения горных пород при подземных разработках / С.Г. Авершин. – М.: Углетехиздат, 1947. – 245 с.
10. *Кольчик Е.И.* Смещения земной поверхности при наличии мощных породных слоев в подрабатываемом массиве / Е.И. Кольчик, В.Н. Ревва, А.Е. Кольчик и др. // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2008. – № 1. – С. 173–177.
11. *Кольчик Е.И.* Трещинообразование в породной консоли при больших скоростях подвигания лав / Е.И. Кольчик, В.Н. Ревва, И.Е. Кольчик // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2008. – № 1. – С. 219–224.
12. *Слесарев В.Д.* Обрушение и оседание горных пород / В.Д. Слесарев. – М.: ОНТИ, 1937. – 189 с.
13. *Кольчик Е.И.* Влияние подземной разработки угольных пластов на смещения земной поверхности / Е.И. Кольчик, В.Н. Ревва, И.Е. Кольчик и др. // Геотехническая механика. – 2008. – Вып. 74. – С. 118–130.
14. *Кольчик Е.И.* Определение параметров зоны влияния очистной выемки при больших скоростях подвигания лав / Е.И. Кольчик // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2007. – № 2. – С. 32–36.

А.Е. Кольчик

ПІДНЯТТЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ПІДЗЕМНОМУ ВИДОБУТКУ ВУГІЛЛЯ

Наведено результати натурних спостережень за зміщеннями земної поверхні при великих швидкостях посування очисних вибоїв.

Ключові слова: вугілля, гірничий масив, гірничі виробки, зона деформацій

A.E. Kolchuk

EARTH SURFACE DISPLACEMENTS DUE TO UNDERGROUND MINING

Results of field observations are presented concerning the earth surface movement at high longwall speeds.

Keywords: coal, rock massif, mine workings, deformation zone

Статья поступила в редакцию 3 июня 2010 года