

## О РАСЧЕТЕ МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ОСЕДАНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОДРАБОТКАХ В УСЛОВИЯХ ВОДОПОНИЖЕНИЯ

*Г.Ф. Гаврюк, Е.В. Беличенко, Государственное высшее учебное заведение  
«Национальный горный университет», Украина*

Предложена формула для расчета максимальной скорости оседания земной поверхности в условиях водопонижения при подземной разработке Никопольского марганцевого месторождения. Выполнена оценка точности определения параметров, влияющих на точность прогнозирования максимальной скорости оседания земной поверхности. Анализируются результаты инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях.

При решении практических вопросов, связанных с подработкой различных зданий, сооружений и природных объектов, возникает необходимость проведения расчетов ожидаемых сдвижений и деформаций горных пород и земной поверхности, которые выполняются по известным методикам [1,2]. Известно, что скорости сдвижений и деформаций земной поверхности над движущимся очистным забоем при этом играют весьма важную роль, поскольку позволяют более эффективно решать вопросы выбора мер охраны подрабатываемых объектов.

На шахтах ПАО «Марганецкий ГОК» ведение очистных горных работ осложнено наличием в толще горных пород водоносных горизонтов (как безнапорных, так и напорных).

Основным источником обводнения горных выработок является нижнесарматский водоносный горизонт. Этот горизонт напорный, – величины напоров, в среднем, составляют от 8 до 15 м и более, представлен мелкозернистыми песками мощностью 3-4 м, местами до 10 м. Горизонт является надрудным, водоносные пески отделены от марганцеворудного пласта глинами мощностью от 5 до 20 м.

Питание горизонта осуществляется на большой площади, выходящей далеко за пределы шахтных полей. Водопритоки из нижнесарматского водоносного горизонта на шахтах колеблются в широких пределах – от 5,5 до 70 м<sup>3</sup>/ч. Наличие такого количества воды в толще горных пород является значительным препятствием при разработке месторождения. Поэтому с целью предотвращения прорывов воды в горные выработки перед началом ведения очистных горных работ проводится предварительное снижение уровней водоносных горизонтов на участках, намечаемых к разработке выемочных столбов, при помощи восстающих скважин, пробуренных из подготовительных горных выработок.

Следует отметить, что в существующих методиках расчета важнейшим показателем является величина максимального оседания земной поверхности, от определения которой в значительной степени зависит точность прогнозируемых сдвижений и деформаций.

При исследовании процесса сдвижения на Никопольском марганцевом месторождении проводились серии частотных инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях, заложенных на шахтах ПАО «Марганецкий ГОК». Для этого на территориях трех шахт в районах очистных горных работ в различные периоды времени были заложены четыре наблюдательные станции. Характеристика наблюдательных станций приведена в табл.1.

Инструментальными наблюдениями было установлено, что сдвижение горных пород в подработанной толще распространяется вверх до земной поверхности после отхода очистной выработки от целика на расстояние порядка  $0,1H$ . Сдвижение земной поверхности, в первую очередь, начинается над серединой образовавшегося выработанного пространства, а по мере продвижения очистного забоя распространяется в направлении границ выработанного пространства [3].

Поскольку подрабатываемая породная толща представлена слабыми по крепости песчано-глинистыми отложениями (суглинками, известняком, песками, различными глинами) возрастание скоростей оседания земной поверхности над выработанным пространством происходит весьма интенсивно. По мере увеличения расстояния от забоя очистной выработки до це-

лика, сдвигание земной поверхности приобретает характер, аналогичный представленному на рис.1.

Выполненные нами исследования подтверждают сделанные ранее выводы в работах [4, 5] о том, что основными факторами, влияющими на скорость оседания земной поверхности, являются следующие:

- глубина разработки;
- вынимаемая мощность рудного пласта;
- состав толщи покрывающих пород;
- технология отработки выемочного столба;
- скорость подвигания линии очистного забоя;
- размеры выработанного пространства.

С учетом этого максимальная скорость оседания земной поверхности может быть определена по следующей формуле:

$$V_0 = K \frac{cm}{H}, \text{ мм/сут.}, \quad (1)$$

где  $K$  – коэффициент пропорциональности, подлежащий определению;  $c$  – скорость подвигания очистного забоя, м/сут.;  $m$  – вынимаемая мощность пласта, мм;  $H$  – глубина разработки, м.

Для определения коэффициента  $K$  были обработаны материалы частотных инструментальных наблюдений, данные по которым представлены в табл.2.

С учетом параметров, приведенных в таблице, выражение (1) в окончательном виде будет иметь следующий вид:

$$V_0 = 1,86 \frac{cm}{H}, \text{ мм/сут.}$$

Натурными инструментальными наблюдениями на наблюдательных станциях отмечено существенное влияние скорости подвигания очистного забоя и технологии ведения очистных горных работ (комплексно-механизированными заходками или лавами) на общую продолжительность процесса сдвигания и период опасных деформаций.

Известно, что на точность определения коэффициента пропорциональности  $K$  влияют погрешности определения скоростей оседаний  $V_0$ , глубины разработки  $H$ , вынимаемой мощности рудного пласта  $m$  и скорости подвигания очистного забоя  $c$  [6-8].

Можно предположить, что предельная погрешность определения скорости оседания земной поверхности  $m_{V_0}$  может достигать  $\pm 10$  мм/сут.

Погрешность определения глубины разработки  $m_H$  условно принята равной  $\pm 3$  м. В эту погрешность входят погрешности при построении вертикальных разрезов.

Предельная погрешность определения вынимаемой мощности рудного пласта  $m_m$  принята равной  $\pm 0,15m$ .

Таблица 1

Характеристика процесса сдвижения земной поверхности по наблюдательным станциям

№№ наблюд. станций	Технология отработки рудного пласта	Глубина разработки $H$ , м	Вынимаемая мощность пласта $m$ , м	Скорость подвигания очистного забоя $c$ , м/мес.	Ширина раскрытия трещин, м	Максимальная скорость оседания $V_0$ , мм/сут.	Максимальные сдвигения и деформации					Общая продолжит. процес. сдвиж. $T$ , мес.	Период опасн. деформ. $t$ , мес.	
							$\eta_0$ , мм	$i_0 \times 10^{-3}$	$K_0 \times 10^{-3}$ , 1/м	$\xi_0$ , мм	$\varepsilon_0 \times 10^{-3}$			
1	заходками	100	2,0-2,2	10-33	0,1	30	2424	45,4	2,39	776	16,2	16	7	
2	лавой	88-89	2,8-3,0	30-35	0,5	70	4362	88,7	3,41	1349	54,8	18	6	
3	лавой	76,5	2,6-2,8	10	1,0	30-36	4872	106,2	8,54	1611	47,4	14	5	
4	лавой	75-77,5	2,9-3,1	60	0,35-0,4	132	3750	84,8	4,37	1363	52,5	14-18	5-6	
Принятые значения для условий Никопольского марганцевого месторождения													18	6

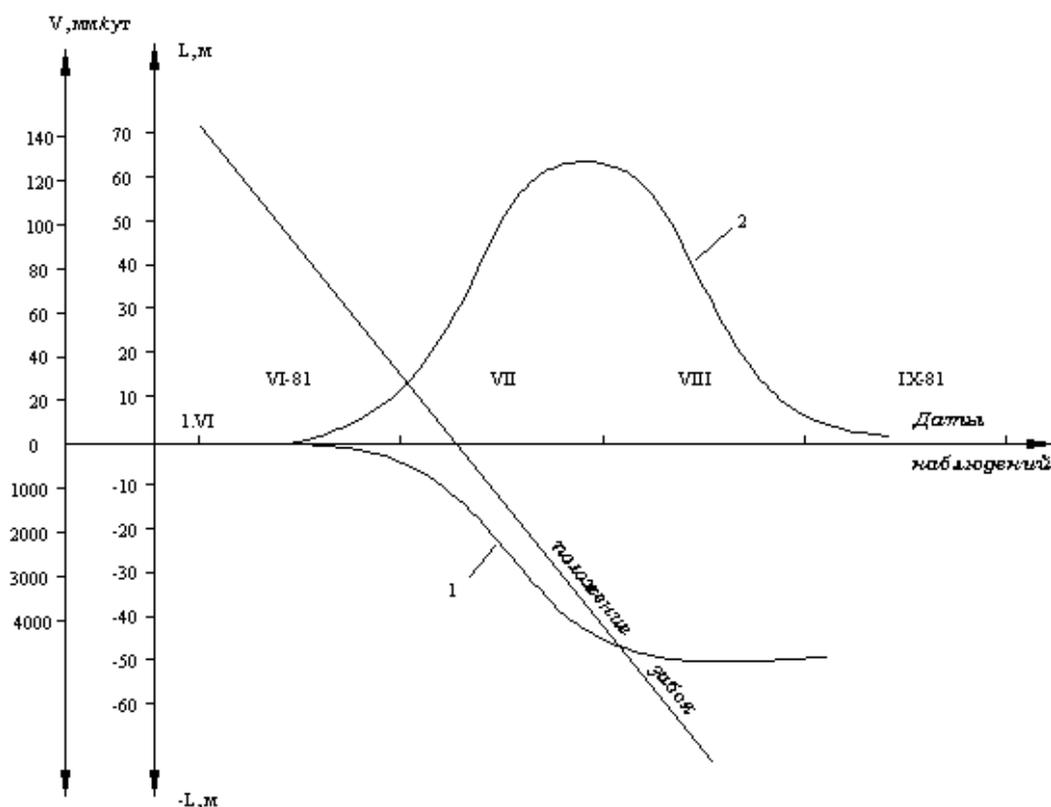


Рис.1. Графики оседаний (1) и скоростей оседаний (2) точек земной поверхности над движущимся забоем по наблюдательной станции № 4

Таблица 2  
Определение коэффициента  $K$  по данным частотных инструментальных наблюдений

№№ наблюдательн. станций и проф. линий, шахта	№ № рабочих реперов	Даты наблюдений	$H$ , м	$c$ , м/сут.	$V_0$ , мм/сут.	$m$ , мм	$K$
Наблюдательная станция №2, профильная линия №1, шахта №6	29	17.10.79	86,5	1,00	67	3000	1,92
	Б	24.10.79	86,5	1,00	55	3000	1,59
	31	28.11.79	85,2	0,80	60	3000	2,13
	32	30.11.79	85,2	0,80	45	3000	1,60
Наблюдательная станция №4, профильная линия №1, шахта №9-10	16	25.06.81	76,6	1,33	121	3000	2,32
	27	24.08.81	72,7	1,65	132	2950	1,97
	30	20.11.81	71,1	2,00	122	2980	1,46
Средние значения параметров			80	1,3	90	3000	1,86

Погрешность определения скорости подвигания линии очистного забоя  $m_c$  принята равной  $\pm 0,2$  м/сут.

Среднеквадратическая погрешность определения коэффициента  $K$  равна:

$$M_K = \pm \sqrt{m^2_{K_1} + m^2_{K_2} + m^2_{K_3} + m^2_{K_4}}, \quad (2)$$

где  $m_{K_1}$  – погрешность определения коэффициента  $K$  за счет влияния погрешности определения скоростей оседаний,

$$m_{K_1} = \frac{\partial K}{\partial V_0} m_{V_0} = \frac{H}{mc} m_{V_0};$$

$m_{K_2}$  – погрешность определения коэффициента  $K$  за счет влияния погрешности определения глубины разработки,

$$m_{K_2} = \frac{\partial K}{\partial H} m_H = \frac{V_0}{mc} m_H;$$

$m_{K_3}$  – погрешность определения коэффициента  $K$  за счет влияния погрешности определения вынимаемой мощности рудного пласта,

$$m_{K_3} = \frac{\partial K}{\partial m} m_m = -\frac{V_0 H}{m^2 c} m_m;$$

$m_{K_4}$  – погрешность определения коэффициента  $K$  за счет влияния погрешности определения скорости подвигания линии очистного забоя

$$m_{K_4} = \frac{\partial K}{\partial c} m_c = -\frac{V_0 H}{mc^2} m_c.$$

После подстановки значений отдельных погрешностей в формулу (2) получим следующее выражение:

$$M_K = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial K}{\partial V_0}\right)^2 m_{V_0}^2 + \left(\frac{\partial K}{\partial H}\right)^2 m_H^2 + \left(\frac{\partial K}{\partial m}\right)^2 m_m^2 + \left(\frac{\partial K}{\partial c}\right)^2 m_c^2} = \pm \frac{1}{mc^2} \sqrt{100c^2 H^2 + 9c^2 V_0^2 + 0,0225c^2 V_0^2 H^2 + 0,04V_0^2 H^2}. \quad (3)$$

Зададим значения параметрам, входящим в формулу (3), для реальных условий шахт ПАО «Марганецкий ГОК»:  $V_0 = 90$  мм/сут.,  $H = 80$  м,  $m = 3000$  мм,  $c = 1,3$  м/сут.,  $K = 1,86$ . После подстановки получим:

$$M_K = \pm 0,45.$$

Относительная погрешность определения коэффициента  $K$  будет равна:

$$\frac{M_K}{K} = \pm \frac{0,45}{1,86} = \pm 24\%.$$

Таким образом, на основании проведенных исследований параметров процесса сдвижения земной поверхности для условий Никопольского марганцевого месторождения можно сформулировать следующие основные выводы:

1. Скорости оседаний земной поверхности при подработках зависят от скорости подвигания линии очистного забоя, вынимаемой мощности рудного пласта и глубины разработки.
2. Относительная погрешность определения коэффициента пропорциональности  $K$  составляет около 24%, что является показателем удовлетворительным.
3. Погрешности определения глубины разработки оказывают весьма незначительное влияние на погрешность определения коэффициента пропорциональности  $K$ . Основная же доля погрешностей определения коэффициента  $K$  связана с точностью замеров вынимаемой мощности пласта и точностью определения скорости подвигания линии очистного забоя.

#### Список литературы

1. ГСТУ 101.00159226.001–2003. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. – Вид.офіц.– Мінпаливенерго України, 2004. –

128 с.

2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на Никопольском марганцевом месторождении. Составители: Лисица И.Г., Антипенко Г.А., Гаврюк Г.Ф. – Днепропетровск, ДГИ, 1985. – 38 с.

3. Лисица И.Г., Антипенко Г.А., Гаврюк Г.Ф. Особенности процесса сдвижения земной поверхности при разработке Никопольского месторождения // В сб.: Разработка месторождений полезных ископаемых. Вып. 91, К.: Техніка, 1992. – С. 38-43.

4. Сдвижение горных пород и земной поверхности при подземных разработках // Под общ. ред. проф., д-ра техн. наук В.А.Букринского и канд. техн. наук Г.В.Орлова. – М.: Недра, 1984. – 247 с.

5. Медянцева А.Н., Полонский В.И. Расчет границы влияния подземных выработок на земную поверхность при неполной подработке. – Изв. Северо-Кавказского научного центра высшей школы, 1974, №4. – С.17-19.

6. Колбенков С.П. Оценка точности измеренных и расчетных величин деформаций земной поверхности // Тр. ВНИМИ, 1961, сб. XLIII. – С.78-90.

7. Медянцева А.Н. О точности расчета деформаций земной поверхности // Тр. ВНИМИ, 1963, сб. L. – С.190-193.

8. Казаковский Д.А. К вопросу о предрасчете сдвижений горных пород при разработке угольных месторождений // Тр. ВНИМИ, 1952, сб. XXV. – С.3-11.