

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАКЛОНОВ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В УСЛОВИЯХ ВОДОПОНИЖЕНИЯ С УЧЕТОМ РЕЛЬЕФА ПОДРАБАТЫВАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

Г.Ф. Гаврюк, Е.В. Беличенко, Национальный горный университет, Украина

Рассмотрено влияние рельефа земной поверхности на распределение деформаций наклонов в полумульдах при полной подработке в условиях водопонижения на примере наблюдательной станции, заложенной на шахте № 9-10 ПАО «Марганецкий ГОК».

Существующие в настоящее время эмпирические методы расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности при подземной разработке месторождений полезных ископаемых [1-3] базируются, в основном, на типовых кривых, полученных для условий каждого месторождения или бассейна по данным натуральных инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях.

Функцию типовой кривой распределения вертикальных деформаций наклонов $S'(z)$ получают на основании камеральной обработки результатов нивелировок грунтовых реперов по профильным линиям реперов наблюдательных станций. Целью настоящей работы является установление общих закономерностей в распределении наклонов земной поверхности при водопонижении на участках с резко изменяющимся рельефом.

Следует отметить, что на подрабатываемых территориях Грушевско-Басанского участка Никопольского марганцевого месторождения залегание марганцеворудного пласта почти горизонтальное, а подрабатываемая породная толща представлена песчано-глинистыми отложениями – наносами (суглинками, различными глинами, песками, известняком и т.п.).

Проведенными исследованиями было установлено, что ведение очистных горных работ на шахтах ПАО «Марганецкий ГОК» осложнено наличием в толще горных пород нескольких водоносных горизонтов (как безнапорных, так и напорных), являющихся источниками обводнения горных выработок. Известно, что гидрогеологические особенности месторождения накладывают дополнительные условия на процессы сдвижения горных пород и земной поверхности при подземной разработке марганцеворудного пласта [3,4].

Нижнесарматский водоносный горизонт по нашему мнению является наиболее значимым. Этот горизонт напорный – величины напоров, в среднем, составляют от 8 до 15 м и более, он 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 м³/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 пьезометрических уровней водоносных горизонтов на участках, намечаемых к разработке выемочных столбов, при помощи восстающих скважин, пробуренных из подготовительных горных выработок.

Натурными инструментальными наблюдениями, выполненными на наблюдательных станциях №№1,2,3,4 (территории полей шахт №№ 4-7, 6 и 9-10), было установлено значительное превышение величин максимальных оседаний земной поверхности по отношению к вынимаемой мощности марганцеворудного пласта (до 1 м и более) [4].

Наблюдательная станция № 4 была заложена над северной лавой и состоит из трёх профильных линий. Профильная линия №1 заложена вдоль выемочного столба и находится в плоском дне мульды над серединой лавы. Профильные линии №2 и №3 расположены перпендикулярно к профильной линии №1 и проходят по склонам балки Грушевская.

Влияние рельефа на параметры процесса сдвижения можно проиллюстрировать на примере профильной линии №3 наблюдательной станции №4. При этом фактические длины полу-

мульд по профильной линии №3 (рис. 1) составили: в сторону падения склона балки – 85 м, в сторону восстания склона – 116,4 м. В соответствии с Правилами охраны [3] для данных условий нами были определены исходные параметры для расчета: $H = 64$ м, $\delta_0 = 50^\circ$, $\psi = 55^\circ$.

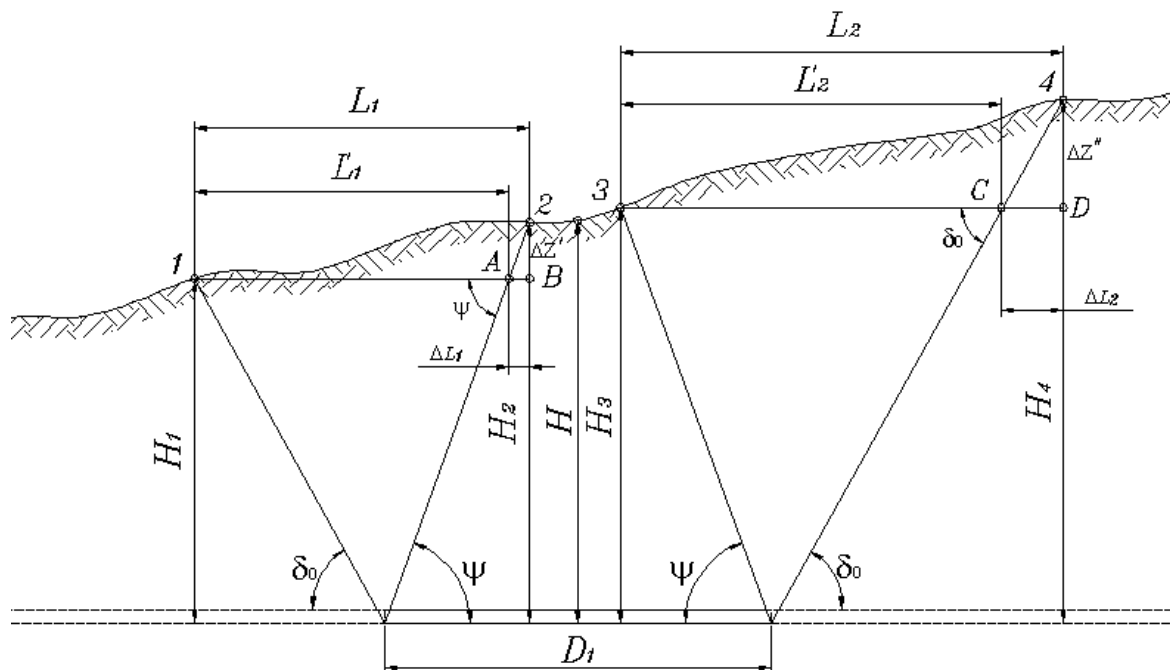


Рис. 1. Схема к определению длин полумульд L_1 и L_2 на участке с резко изменяющимся рельефом

Длина полумульды сдвига была определена по формуле:

$$L = H(\operatorname{ctg}\delta_0 + \operatorname{ctg}\psi) = 1,54 H = 98,6 \text{ м.}$$

Как видим, полученная по Правилам охраны [3] длина полумульды значительно отличается от фактических значений. Такие расхождения в длинах полумульд на участке с резко изменяющимся рельефом земной поверхности (до 20%) могут привести к значительным погрешностям в расчетах сдвижений и деформаций земной поверхности и, как следствие, к искаженному представлению о характере процесса сдвижения в мульде в целом.

В соответствии с рис. 1 длины полумульд нами рекомендовано определять следующим образом [5]:

$$L_1 = L_1' + \Delta L_1 = H_1(\operatorname{ctg}\delta_0 + \operatorname{ctg}\psi) + \Delta Z' \operatorname{ctg}\psi = H_1 \operatorname{ctg}\delta_0 + H_2 \operatorname{ctg}\psi;$$

$$L_2 = L_2' + \Delta L_2 = H_3(\operatorname{ctg}\delta_0 + \operatorname{ctg}\psi) + \Delta Z'' \operatorname{ctg}\delta_0 = H_3 \operatorname{ctg}\psi + H_4 \operatorname{ctg}\delta_0,$$

где $\Delta Z' = Z_2 - Z_1$; $\Delta Z'' = Z_4 - Z_3$.

При горизонтальном залегании пласта $\Delta Z' = H_2 - H_1$, $\Delta Z'' = H_4 - H_3$. Высотные отметки точек Z_1 , Z_2 , Z_3 и Z_4 могут быть определены на вертикальном разрезе участка земной поверхности с резко изменяющимся рельефом при горизонтальном залегании пласта или как величины H_1 , H_2 , H_3 и H_4 – расстояния от рассматриваемых точек до марганцеворудного пласта.

В Правилах охраны для условий Никопольского марганцевого месторождения [3] для расчетов ожидаемых наклонов земной поверхности при закончившемся процессе сдвижения рекомендована следующая формула:

$$i_{(x)} = \frac{\eta_0}{L} S'(z), \quad (1)$$

где $i_{(x)}$ – величина наклона в точке с абсциссой X ; начало координат принимают в точке максимального оседания; η_0 – максимальное оседание земной поверхности, м; L – длина полумульды сдвижения, м; $S'(z)$ – функция типовой кривой распределения наклонов в полумульде сдвижения; $Z = \frac{x}{L}$ – отношение абсциссы определяемой точки к длине полумульды.

При этом длина полумульды сдвижения L в выражении (1) не учитывает особенностей изменения рельефа земной поверхности на обрабатываемой территории.

Значения функции $S'(z)$ в полумульдах по падению и по восстанию склона с учетом рельефа земной поверхности и выражения (1) нами определялись следующим образом:

$$S'(z_1) = \frac{i_{(x)}}{\eta_0} L_1 = \frac{i_{(x)}}{\eta_0} (H_1 \operatorname{ctg} \delta_0 + H_2 \operatorname{ctg} \psi), \quad (2)$$

$$S'(z_2) = \frac{i_{(x)}}{\eta_0} L_2 = \frac{i_{(x)}}{\eta_0} (H_3 \operatorname{ctg} \psi + H_4 \operatorname{ctg} \delta_0), \quad (3)$$

где $S'(z_1)$, $S'(z_2)$ – функции распределения наклонов в полумульдах сдвижения; $i_{(x)}$ – величины наклонов по результатам натурных инструментальных наблюдений в точках полумульды сдвижения; L_1 , L_2 – длины полумульд сдвижения в сторону падения склона и в сторону восстания склона.

Натурные инструментальные измерения на наблюдательной станции №4 выполнялись по традиционной методике и состояли из нивелирования грунтовых реперов по программе нивелирования III класса и измерения длин интервалов между реперами стальными компарированными рулетками с помощью жестких отвесов ОЖ-3 конструкции ВНИМИ.

Наблюдательная станция № 4 вначале была подработана 1-й северной лавой длиной 100 м, а впоследствии – комплексно-механизированными заходками с общей шириной выемочного столба 140 м.

По результатам камеральной обработки наблюдений были определены величины сдвижений и деформаций земной поверхности по профильным линиям реперов и по наблюдательной станции в целом.

Параметры процесса сдвижения земной поверхности по профильной линии №3 приведены в табл. 1.

В табл. 2 представлены значения единичной кривой $S'(z)$, вычисленные по формулам (2) и (3), для полумульд по профильной линии №3 и дана сравнительная таблица наклонов земной поверхности по наблюдательной станции №4 профильной линии №3 (табл. 3), рекомендуемых Правилами охраны [3] для условий Никопольского марганцевого месторождения.

При анализе функций $S'(z)$ в полумульдах были введены коэффициенты изменения длин полумульд, т.е. отношения фактических длин полумульд к длинам полумульд, рекомендованным Правилами охраны [3]:

$$K_{\Pi_1} = \frac{L_1}{L} = 0,858; \quad K_{\Pi_2} = \frac{L_2}{L} = 1,181.$$

С учетом изменяющегося рельефа обрабатываемого участка коэффициенты изменения деформаций в полумульдах при этом составили соответственно: $K_{Д_1} = 0,814 - 0,820$; $K_{Д_2} = 1,144 - 1,146$.

Выполненные авторами настоящей работы исследования по учету влияния изменения рельефа земной поверхности и водопонижения на прогнозирование наклонов в полумульде позволяют сформулировать следующие основные выводы:

1. Процесс сдвижения земной поверхности при подработках участков с резко изменяющимся рельефом имеет принципиальные отличительные особенности.

2. Коэффициенты длин полумульд с учетом изменения рельефа подрабатываемого участка составляют: $K_{П1} = 0,858$; $K_{П2} = 1,181$.

Таблица 1

Характеристика процесса сдвижения по профильной линии № 3 наблюдательной станции № 4

№№ пп	Наименование параметров	Отработка лавой	Отработка заходками
1.	Глубина ведения горных работ, м	48-63,5	78-86
2.	Вынимаемая мощность марганцево-рудного пласта, м	3,09	2,15
3.	Максимальное оседание земной поверхности, мм	3835	2157
4.	Максимальное горизонтальное сдвижение, мм	1753	930
5.	Относительная величина максимального оседания	1,241	1,003
6.	Относительная величина максимального горизонтального сдвижения	0,457	0,431
7.	Максимальный наклон земной поверхности, 10^{-3} : – в сторону падения склона – в сторону восстания склона	132,8 ($z_1=0,4$); - 66,9 ($z_2=0,2$)	–

Таблица 2

Значения функций $S'(z)$ по профильной линии №3 наблюдательной станции № 4 при полной подработке земной поверхности

$Z = \frac{x}{L}$	$S'(z_1)$ по падению склона		$S'(z_2)$ по восстанию склона		$S'(z)$ по место- рожде- нию
	с учетом рельефа	без учета рельефа	с учетом рельефа	без учета рельефа	
0	0	0	0	0	0
0,1	-0,563	0,33	-1,022	- 0,33	- 0,33
0,2	-0,730	0,68	-0,964	- 0,68	- 0,68
0,3	-0,417	1,20	0,438	- 1,20	- 1,20
0,4	0,166	1,90	1,110	- 1,90	- 1,90
0,45	–	2,12	1,402	- 2,12	- 2,12
0,5	0,626	2,05	1,285	- 2,05	- 2,05
0,6	0,355	1,71	1,051	- 1,71	- 1,71
0,7	-0,209	1,11	0,584	- 1,11	- 1,11
0,8	-0,417	0,61	0,438	- 0,61	- 0,61
0,9	-0,083	0,32	0,175	- 0,32	- 0,32
1,0	0	0	0	0	0

Сравнительная таблица наклонов земной поверхности по профильной линии №3 наблюдательной станции №4

$z = \frac{x}{L}$	$S'(z)$	Наклоны земной поверхности по профильной линии №3	
		Рассчитанные по Правилам охраны [3]	Полученные по данным инструмент. наблюдений
0	0	0	0
0,1	0,33	15,2	43,0
0,2	0,68	31,4	66,9
0,3	1,20	55,4	61,3
0,4	1,90	87,7	42,0
0,45	2,12	97,9	41,0
0,5	2,05	94,6	30,0
0,6	1,71	78,9	14,5
0,7	1,11	51,2	0
0,8	0,61	28,8	0
0,9	0,32	14,8	0
1,0	0	0	0

3. Коэффициенты деформаций в полумульдах с учетом изменяющегося рельефа подрабатываемого участка при этом составляют соответственно: $K_{D_1} = 0,814 - 0,820$; $K_{D_2} = 1,144 - 1,146$, т.е. в полумульде L_1 в сторону падения склона они больше рекомендуемых Правилами охраны [3], а в полумульде L_2 в сторону восстания склона они меньше. Эта особенность формирования наклонов в полумульдах при подработках участков с резко изменяющимся рельефом земной поверхности может приводить к значительным отклонениям в расчетах при прогнозировании этих деформаций – необоснованно завышенным или заниженным (до 15-18%).

4. При выполнении инженерных расчетов по прогнозированию наклонов земной поверхности на подрабатываемых территориях целесообразно учитывать особенности рельефа земной поверхности на участках подработки и определять длины полумульд отдельно в сторону падения и в сторону восстания склонов.

Список литературы

1. Колбенков С.П. Аналитическое выражение типовых кривых сдвижения поверхности. – Тр. ВНИМИ, 1961, сб. XLIII. – С. 43-46.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. А.Г. Гаврюк, Г.А. Антипенко, Г.Ф. Гаврюк. Графоаналитический способ определения длин полумульд с учетом рельефа земной поверхности // Науковий вісник НГУ, Днепропетровск: 2007, № 2. – С. 30-33.
6. Гаврюк Г.Ф., Антипенко Г.А. О распределении сдвижений и деформаций земной поверхности в полумульде // Сб. науч. тр. НГУ. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2003. №16. – С. 46-52.