

К ВОПРОСУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В ПОЛУМУЛЬДЕ С УЧЕТОМ РЕЛЬЕФА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

На основе результатов натуральных инструментальных наблюдений на наблюдательной станции установлены основные особенности распределения горизонтальных деформаций в полумульде с учетом рельефа подработанной территории для условий Никопольского марганцевого месторождения.

На основі результатів натурних інструментальних спостережень на спостережній станції встановлені основні особливості розподілу горизонтальних деформацій у напівмульді з урахуванням рельєфу підробленої території для умов Нікопольського марганцевого родовища.

On the basis of results of instrumental supervisions of models the values of functions of distributing of the vertical moving and deformations of earthly surface are set on the before earned additionally territory.

Выбору эффективных мер охраны сооружений и объектов при подработках предшествуют расчёты сдвижений и деформаций земной поверхности от вредного влияния очистных горных выработок. Для условий Никопольского марганцевого месторождения эти расчёты должны выполняться по методике, изложенной в нормативном документе – Правилах охраны [1].

Указанная методика разработана для условий полной подработки земной поверхности и отработки марганцеворудного пласта лавами или комплексномеханизированными заходками в целике в нетронутом массиве. Такие ограничения не предусматривают влияния на процесс сдвижения ранее отработанных соседних выемочных столбов.

Кафедрой маркшейдерии НГУ проводились исследования процесса сдвижения земной поверхности при подземной разработке марганцеворудного пласта шахтами Марганецкого ГОКа. Для этого были заложены 4 наблюдательные станции: № 1 (шахта № 4-7), №№ 2,3 (шахта № 6), № 4 (шахта № 9-10). Каждая наблюдательная станция состоит из 2-4 профильных линий грунтовых реперов, расположенных как в главных сечениях, так и в краевых частях мульды сдвижения над очистными горными выработками шахт. Ведение горных работ на шахтах осложнено наличием в толще горных пород нескольких водоносных горизонтов (как безнапорных, так и напорных), являющихся источниками обводнения горных выработок.

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.

Ранее было установлено, что проводимое водопонижение отрицательно сказывается на состоянии подрабатываемого породного массива, вызывая его дополнительные сдвижения и деформации.

Натурными инструментальными наблюдениями, выполненными на наблюдательных станциях №№ 1-4 было установлено значительное превышение

величин максимальных оседаний земной поверхности по отношению к вынимаемой мощности марганцеворудного пласта (до 1 м и более).

Следует отметить, что практически все наблюдательные станции расположены на относительно равнинных участках земной поверхности, за исключением наблюдательной станции №4. Параметры процесса сдвижения, характерные для указанных условий, представлены в нормативном документе – Правилах охраны [1] и не учитывают особенности рельефа подрабатываемой территории.

В дальнейших исследованиях нами было отмечено влияние рельефа земной поверхности на параметры процесса сдвижения, которое можно проиллюстрировать на примере наблюдательной станции № 4, заложенной на склонах балки Грушевская. При этом при горизонтальном залегании марганцеворудного пласта из-за резко изменяющегося рельефа земной поверхности фактические длины полумульд по профильной линии № 3 (рис.1) значительно отличались друг от друга и соответственно составили: в сторону падения склона балки – 85 м, а в сторону восстания склона – 116,4 м.

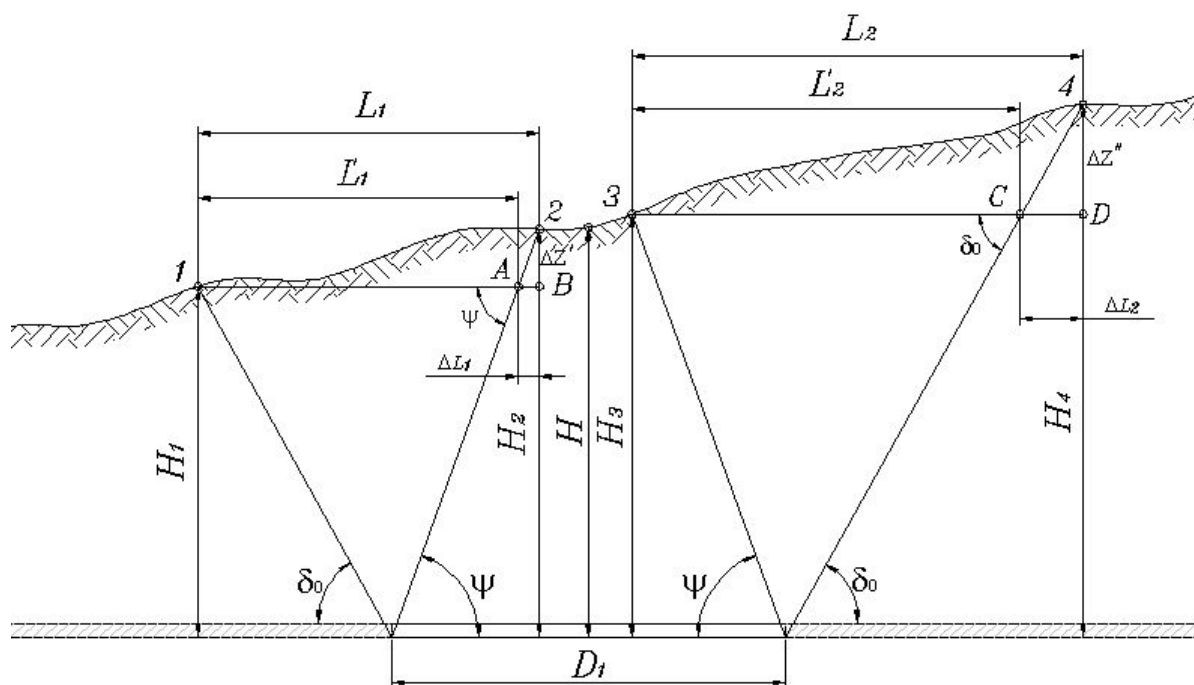


Рис.1. Схема к определению длин полумульд L_1 и L_2 на участке с резко изменяющимся рельефом земной поверхности

Рассчитанная по методике Правил охраны [1] длина полумульды (98,6 м) значительно отличается от фактических значений. Такие существенные расхождения в длинах полумульд на участке с резко изменяющимся рельефом (до 20 %) могут привести к большим погрешностям в расчетах сдвижений и деформаций земной поверхности и, как следствие, к искаженному представлению о характере процесса сдвижения в мульде в целом.

Наблюдательная станция № 4 была заложена над северной лавой на шахте № 9-10 и состоит из трёх профильных линий. Профильная линия №1 заложена вдоль выемочного столба и находится в плоском дне мульды над серединой ла-

вы. Профильные линии № 2 и № 3 также были полностью подработаны вначале лавой, а впоследствии заходками, линии расположены перпендикулярно к профильной линии № 1 и проходят по склонам балки Грушевская.

Натурные инструментальные измерения на наблюдательной станции выполнялись по известной традиционной методике и состояли из нивелирования грунтовых реперов и измерения длин интервалов между реперами при помощи жестких отвесов конструкции ВНИМИ.

По результатам камеральной обработки были построены графики сдвижений и деформаций земной поверхности по профильным линиям реперов и наблюдательной станции в целом.

По профильной линии № 3 представлены некоторые параметры процесса сдвижения (табл.1).

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	56-68	78-86
2	Вынимаемая мощность марганцеворудного пласта, м	3,09	2,15
3	Максимальное оседание земной поверхности, мм	3835	2157
4	Максимальное горизонтальное сдвижение, мм	1753	930
5	Максимальная горизонтальная деформация, 10^{-3}	48,0	36,0
6	Относительная величина максимального оседания	1,241	1,003
7	Относительная величина максимального горизонтального сдвижения	0,457	0,431

В соответствии с рис.1 на участках с резко изменяющимся рельефом земной поверхности длины полумульд могут быть определены следующим образом [2]:

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

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

где $\Delta Z' = Z_2 - Z_1$; $\Delta Z'' = Z_4 - Z_3$; δ_0 , ψ – граничный угол и угол полных сдвижений, град.

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, м.

В Правилах охраны [1] для расчетов ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности для закончившегося процесса сдвижения при полной подработке рекомендованы следующие формулы:

$$\eta_{(x)} = \eta_0 S_{(z)},$$

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

$$k_{(x)} = \frac{\eta_0}{L^2} S''_{(z)},$$

$$\xi_{(x)} = \eta_0 F_{(z)},$$

$$\varepsilon_{(x)} = \frac{\eta_0}{L} F'_{(z)},$$

где $\eta_{(x)}, i_{(x)}, k_{(x)}, \xi_{(x)}, \varepsilon_{(x)}$ – соответственно оседание, наклон, кривизна, горизонтальное сдвижение и горизонтальная деформация в точке с абсциссой X ; начало координат принимают в точке максимального оседания, η_0 – величина общего максимального оседания земной поверхности вследствие ведения очистных горных работ и водопонижения (определяется по специальной методике [3]); L – длина полумульды сдвижения (рис.2); $S(z), S'(z), S''(z), F(z), F'(z)$ – функции распределения величин оседаний, наклонов, кривизны, горизонтальных сдвижений и горизонтальных деформаций в полумульде сдвижения; $Z = \frac{x}{L}$ – отношение абсциссы определяемой точки к длине полумульды.

Функции распределения величин оседаний, наклонов и кривизны получают в результате камеральной обработки нивелировок, а функции распределения горизонтальных сдвижений и горизонтальных деформаций – по результатам обработки длин интервалов между реперами.

В табл.2 представлены значения единичной кривой $F'(z)$ для различных полумульд по профильной линии № 3. Здесь же для сравнения приведены значения функции $F'(z)$, принятые для Никопольского марганцевого месторождения и Донбасса [1,4].

Распределение функции $F'(z)$ в полумульде в сторону восстания склона балки, в принципе, имеет приблизительно такую же конфигурацию, что и для Никопольского марганцевого месторождения и Донбасса в целом, однако несколько отличается от указанных из-за особенностей горно-геологических и гидрогеологических условий.

Что касается распределения функции $F'(z)$ в полумульде по падению склона, то здесь отмечаются принципиальные отличия. Это касается особенно краевой части полумульды, где в отличие от традиционных горизонтальных деформаций растяжений происходит значительное сжатие на земной поверхности (участок с $Z = 0,7-0,9$).

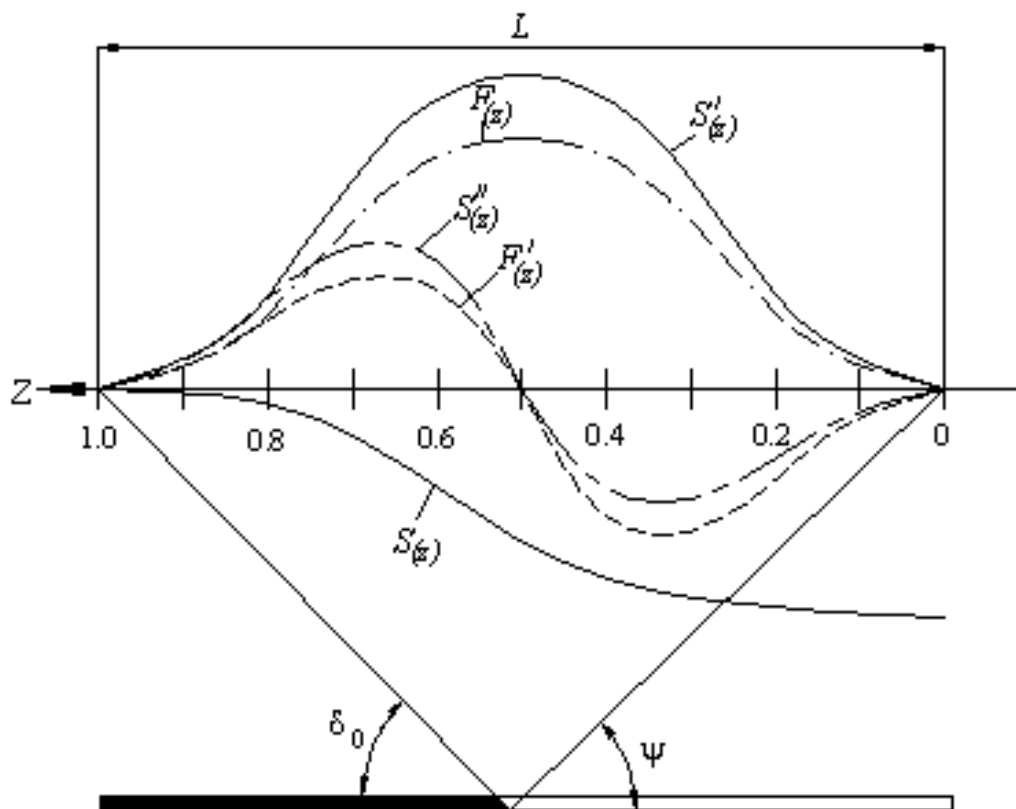


Рис.2. Схема распределения сдвигов и деформаций в полумульде

Таблица 2
Значения функций $F'(z)$ по профильной линии №3 при полной подработке земной поверхности

$Z = \frac{x}{L}$	$F'(z_1)$ по падению склона	$F'(z_2)$ по восстаню склона	$F'(z)$ по Правилам охраны [1]	$F'(z)$ для Донбасса
0	0	0	0	0
0,1	-0,563	-1,022	-0,39	-2,3
0,2	-0,730	-0,964	-0,66	-5,6
0,3	-0,417	0,438	-0,85	-10,8
0,4	0,166	1,110	-0,72	-8,0
0,45	—	1,402	0	—
0,5	0,626	1,285	0,23	6,8
0,6	0,355	1,051	0,83	11,0
0,7	-0,209	0,584	0,82	6,0
0,75	-0,584	—	—	—
0,8	-0,417	0,438	0,52	2,0
0,9	-0,083	0,175	0,28	1,0
1,0	0	0	0	0

Это обстоятельство, очевидно, можно объяснить тем, что в подрабатываемом массиве возникают дополнительные напряжения, связанные со сдвижением (сползанием) пород в сторону падения склона балки и водопонижением.

Выполненные исследования по изучению закономерностей распределения горизонтальных деформаций в полумульде с учетом рельефа земной поверхности позволяют сформулировать следующие основные выводы:

1. На Никопольском марганцевом месторождении при подработках участков с резко изменяющимся рельефом процесс сдвижения земной поверхности имеет принципиальные отличительные особенности [5,6].

2. При горизонтальном залегании марганцеворудного пласта распределение горизонтальных деформаций в полумульде по падению склона подчиняется определенным закономерностям. При этом абсолютные значения функции распределения в полумульде по падению склона несколько меньше тех, что в полумульде по восстанию.

3. С целью уточнения полученных закономерностей целесообразно было бы заложить на одной из шахт типовую наблюдательную станцию над очистными горными выработками на участке с резко изменяющимся рельефом и организовать инструментальные наблюдения за сдвигами земной поверхности для дальнейшего обобщения полученных результатов.

Список литературы

1. Лисица И.Г. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на Никопольском марганцевом месторождении / Лисица И.Г., Антипенко Г.А., Гаврюк Г.Ф. – Днепропетровск, 1985. – 38 с. *ил., табл.* – (Нормативный документ Министерства черной металлургии УССР. Инструкция).

2. Гаврюк А.Г. Графоаналитический способ определения длин полумульд с учетом рельефа земной поверхности / А.Г. Гаврюк, Г.А. Антипенко, Г.Ф. Гаврюк / Науковий вісник НГУ. – 2007. – № 2. – С.30-33. – *Библиогр.: с.33.*

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

4. ГСТУ 101.00159226.001–2003. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. – Офіц. вид. – К.: Мінпаливенерго України, 2004. – 128 с.: *ил., табл.* – (Галузевий стандарт України).

5. Троицкий В.С. Некоторые особенности сдвижения пород в условиях горного рельефа / В.С. Троицкий, В.А. Внуков, А.И. Коваль // Тр. ВНИМИ, сб. 89, Л.: 1973. – С.73-77. – *Библиогр.: с.77.*

6. Троицкий В.С. Некоторые особенности наблюдений за сдвижением земной поверхности в условиях горного рельефа / В.С. Троицкий, В.А. Внуков // Тр. ВНИМИ, сб. 89, Л.: 1973. – С.89-92. – *Библиогр.: с.92.*

7. Медянцев А.Н. О точности расчета деформаций земной поверхности / А.Н. Медянцев // Тр. ВНИМИ, 1963, сб. L, – С.190-193. – *Библиогр.: с. 193.*

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Шашенком О.М.
Надійшла до редакції 14.05.2012*