

О ФОРМИРОВАНИИ УСЛОВИЯ ПОЛНОЙ ПОДРАБОТКИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА УЧАСТКАХ С РЕЗКО ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ РЕЛЬЕФОМ

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

Проведены исследования по влиянию рельефа земной поверхности на степень подработанности. Приведена характеристика наблюдательной станции, заложенной на участке с резко изменяющимся рельефом. Предложены аналитические зависимости, позволяющие устанавливать степень подработанности земной поверхности на примере наблюдательной станции на шахте № 9-10 ПАО «Марганецкий ГОК».

Нормативным документом, регламентирующим условия безопасной подработки зданий и сооружений и выбор эффективных мер их охраны при подземной разработке Никопольского марганцевого месторождения являются Правила охраны [1]. Методика расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности в полумульде сдвижения, приведенная в Правилах, имеет ряд ограничений и дает возможность проводить расчеты только для закончившегося процесса сдвижения и полной подработки при относительно равнинном рельефе подрабатываемого участка земной поверхности.

С учетом указанных ограничений сдвижения и деформации земной поверхности можно рассчитывать лишь для условий максимального развития процесса сдвижения. Правила охраны [1] были составлены на основе исследований процесса сдвижения земной поверхности Грушевско-Басанского участка Никопольского марганцевого месторождения и результатов натуральных инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях, заложенных на подрабатываемых участках шахт №№ 4-7, 6 и 9-10 ПАО «Марганецкий ГОК».

Горно-геологические условия Грушевско-Басанского участка, где проводились настоящие исследования, следующие:

- глубина разработки – от 60 до 100 м;
- вынимаемая мощность марганцеворудного пласта – от 1,6 до 3,1 м;
- залегание пласта – почти горизонтальное;
- породы, слагающие подрабатываемую породную толщу, – наносы (различные глины, пески, суглинки, известняки и т.п.);
- система разработки – столбовая (отработка выемочных столбов осуществлялась лавами и комплексно-механизированными заходками).

Известно, что в существующих Правилах подработки для угольных месторождений [2] при определении степени подработанности используются условные коэффициенты N_1 и N_2 , характеризующие степень подработанности земной поверхности:

$$N_1 = \sqrt{n_1}, N_2 = \sqrt{n_2},$$

где n_1 и n_2 – коэффициенты подработанности земной поверхности соответственно вкрест простирания и по простиранию пласта.

При определении численных значений коэффициентов N_1 и N_2 Правила подработки [2] рекомендуют использовать среднюю глубину разработки H , т.е. расстояние по вертикали от середины очистной выработки в разрабатываемом пласте до земной поверхности без учета особенностей рельефа подрабатываемой территории. Нами установлено [3,4], что рельеф подрабатываемых участков для условий Никопольского марганцевого месторождения оказывает существенное влияние на развитие процесса сдвижения земной поверхности и его параметры. Так при определении длин полумульд авторами статьи [3] рекомендованы аналитические зависимости, позволяющие учитывать рельеф подрабатываемых участков и тем самым значительно повышать точность прогноза сдвижений и деформаций.

Целью в настоящей статье является проведение исследования, позволяющего установить правомочность использования рекомендаций, приведенных в ранее упомянутых Правилах подработки [2], применительно к Правилам охраны [1] для условий Никопольского марганцевого месторождения.

Следует отметить, что в современных научных публикациях вопрос учета рельефа подрабатываемых участков при определении степени подработанности практически не освещается.

Для проведения исследования был выбран участок земной поверхности с резко изменяющимся рельефом на территории шахты № 9-10 ПАО «Марганецкий ГОК», расположенный в районе балки Грушевская и где ранее сотрудниками кафедры маркшейдерии НГУ была заложена типовая наблюдательная станция № 4 и проводились систематические натурные инструментальные наблюдения.

Наблюдательная станция №4 заложена на земной поверхности над северной лавой № 1 шахты № 9-10 (длина лавы равна 100 м) и состоит из трех профильных линий. Профильная линия № 1 заложена над серединой лавы вдоль выемочного столба и находится в плоском дне мульды. Профильные линии № 2 и № 3 расположены перпендикулярно к профильной линии № 1 и проходят по склонам балки Грушевская. Характеристика профильных линий по наблюдательной станции № 4 представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика наблюдательной станции № 4

№№ пп	Наименование параметров	Проф. линия № 1	Проф. линия № 2	Проф. линия № 3
1	Глубина ведения горных работ, м	58...78	55...78	50...87
2	Вынимаемая мощность марганцеворудного пласта, м	2,7...3,1	3,0	3,09
3	Количество рабочих реперов	71	26	47
4	Расстояние между рабочими реперами, м	10	5...10	10
5	Длина профильной линии, м	700	228	456
6	Превышение между начальным и конечным репером по профильной линии, м	21,3	26,3	39,7

Известно, что при определенных значениях горно-геологических параметров при подработках величины сдвижений и деформаций земной поверхности могут достигать максимальных значений, т.е. возникает явление полной подработки и в образовавшейся мульде сдвижения на земной поверхности формируется плоское дно.

Коэффициент подработанности в общем виде можно определить из следующего выражения:

$$n = \frac{D}{D_0}, \quad (1)$$

где D – фактический размер очистной выработки; D_0 – минимальный размер выработки, при котором формируется полная подработка земной поверхности.

Заметим, что подрабатываемая породная толща Никопольского марганцевого месторождения представлена слабыми горизонтально залегающими песчано-глинистыми отложениями

(наносами), углы полных сдвижений, с помощью которых определяется степень подработанности земной поверхности, $\psi = 55^\circ$ [1] и одинаковы во всех направлениях. При проведении настоящего исследования о влиянии рельефа земной поверхности на степень подработанности земной поверхности учитывалось условие, вытекающее из рис. 1:

$$D_0 = d_1 + d_2.$$

Допустим, что земная поверхность полностью подработана и в мульдe сдвигения сформировалось плоское дно минимального размера. В этом случае параметры d_1 и d_2 можно представить следующим образом:

$$d_1 = d_1' + \Delta d_1' = H_1 \operatorname{ctg} \psi + \Delta Z_1 \operatorname{ctg} \psi = H_1 \operatorname{ctg} \psi + (H - H_1) \operatorname{ctg} \psi = H \operatorname{ctg} \psi;$$

$$d_2 = d_2' = (H_3 - \Delta Z_2) \operatorname{ctg} \psi = H_3 \operatorname{ctg} \psi - (H_3 - H) \operatorname{ctg} \psi = H \operatorname{ctg} \psi,$$

где H_1, H_3 – глубины залегания марганцеворудного пласта на границах исследуемой выработки (в точках 1 и 3) в полумульдах в сторону падения и в сторону восстания склона; H – средняя глубина разработки в точке 2.

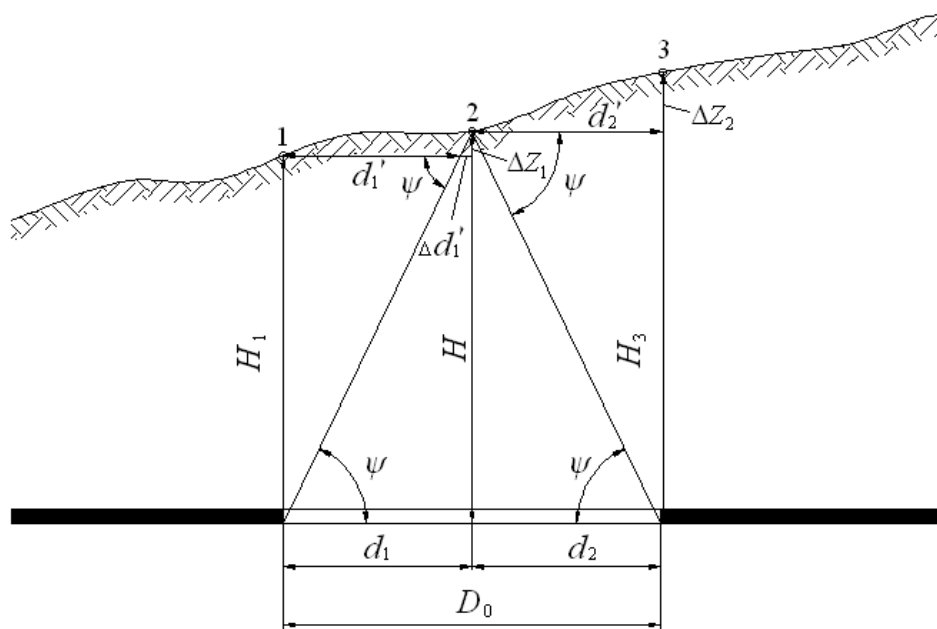


Рис. 1. Схема к определению степени подработанности земной поверхности с учетом рельефа подрабатываемого участка

Окончательно минимальный размер выработки, при котором формируется условие полной подработки земной поверхности может быть представлен в следующем виде:

$$D_0 = H \operatorname{ctg} \psi + H \operatorname{ctg} \psi = 2H \operatorname{ctg} \psi, \quad (2)$$

или данное выражение может быть записано следующим образом: $\frac{D_0}{2} = H \operatorname{ctg} \psi$.

Выполнив соответствующую подстановку из выражения (2) в выражение (1) получим в общем виде формулу для определения коэффициентов подработанности:

$$n = \frac{D_0}{2H} \operatorname{tg} \psi.$$

Тогда значения коэффициентов подработанности вкрест простирания n_1 и по простиранию n_2 можно определить из следующих выражений:

$$n_1 = \frac{D_1}{D_0} = \frac{D_1}{2H} \operatorname{tg} \psi; \quad n_2 = \frac{D_2}{D_0} = \frac{D_2}{2H} \operatorname{tg} \psi, \quad (3)$$

где D_1 и D_2 – размеры очистной выработки соответственно вкрест простирания и по простиранию пласта (поскольку залегание марганцеворудного пласта на исследуемом месторождении почти горизонтальное, то понятия «простирание» и «вкрест простирания» носят условный характер).

Подставляя значение угла полных сдвижений $\psi = 55^\circ$ в выражение (3) для условий Никопольского марганцевого месторождения окончательно получим:

$$n_1 = 0,7 \frac{D_1}{H}; \quad n_2 = 0,7 \frac{D_2}{H}.$$

Следовательно, для полной подработки земной поверхности (когда $n_1 \geq 1$, $n_2 \geq 1$) в нашем случае должно соблюдаться следующее условие:

$$\frac{D_1}{H} \geq 2 \operatorname{ctg} \psi \leq \frac{D_2}{H} \quad \text{или} \quad \frac{D_1}{H} \geq 1,4 \leq \frac{D_2}{H}. \quad (4)$$

В результате проведенного авторами настоящей статьи анализа можно утверждать, что на степень подработанности земной поверхности для условий Никопольского марганцевого месторождения оказывают влияние только размеры выработанного пространства и средняя глубина разработки.

Следует также отметить, что характер распределения сдвижений и деформаций земной поверхности в главных сечениях мульды сдвижения зависит от многих факторов, одним из которых является степень подработанности [5,6].

На основании выполненного исследования можно сформулировать следующий вывод:

Рельеф земной поверхности не оказывает влияния на значения коэффициентов подработанности и для аналитического определения коэффициентов n_1 и n_2 достаточно знать лишь размеры выработанного пространства D_1 , D_2 и среднюю глубину разработки H .

Для практического использования степени подработанности в расчетах ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности достаточно знания значения коэффициента пропорциональности между минимальным размером выработки и средней глубиной разработки, который для условий Никопольского марганцевого месторождения равен 1,4, т.е. $D_0 = 1,4H$.

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. 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).
3. 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. – Дніпропетровськ, 2007. – №2. – С.30-33. – *Бібліогр.: с. 33.*
4. Гаврюк А.Г. Учет влияния рельефа земной поверхности на прогнозирование горизонтальных деформаций при подработках / А.Г. Гаврюк, Г.Ф. Гаврюк // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ, 2010. – №11-12. – С.20-23. – *Бібліогр.: с. 33.*
5. Сдвигение земной поверхности на пластовых месторождениях Приднепровья / [Антипенко Г.А., Гаврюк Г.Ф., Кучин А.С., Назаренко В.А.]. – Д.: Национальный горный университет, 2010. – 184 с. – *Бібліогр.: с.178-183.*
6. Кучин А.С., Назаренко В.А. К методике расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности при наклонном залегании угольных пластов // Науковий вісник НГА України. – Дніпропетровськ, 2001. – №5. – С. 8-10. – *Бібліогр.: с. 10.*