

*д.т.н. Антощенко Н.И.,  
Филатьев М.В.,  
Сятковский С.С.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПЛОСКОГО ДНА МУЛЬДЫ СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОТРАБОТКЕ АНТРАЦИТОВЫХ ПЛАСТОВ**

*Виконано аналіз відомих експериментальних даних. Встановлено, що максимальне зрушування земної поверхні залежить від потужності пласта, що розробляється, розмірів очисної виробки, глибини ведення гірничих робіт і прочностних властивостей порід. Отримано залежності глибини плоского дна мурди зрушування від потужності пласта, для антрацитового вугілля та умов Західного Донбасу.*

**Ключові слова:** *земна поверхня, виїмкова діляниця, антрацитовий пласт, плоске дно мурди зрушування, експериментальні дані, очисна виробка.*

*Выполнен анализ известных экспериментальных данных. Установлено, что максимальное сдвигение земной поверхности зависит от мощности разрабатываемого пласта, размеров очистной выработки, глубины ведения горных работ и прочностных свойств пород. Получены зависимости глубины плоского дна мурды сдвигения от мощности разрабатываемого пласта для антрацитовых углей и условий Западного Донбасса.*

**Ключевые слова:** *земная поверхность, выемочный участок, антрацитовый пласт, плоское дно мурды сдвигения, экспериментальные данные, очистная выработка.*

Анализ известных экспериментальных данных показал, что плоское дно мурды сдвигения на земной поверхности может появляться при отработке одного выемочного участка в условиях Западного Донбасса [1]. При выемке антрацитовых пластов на более глубоких горизонтах и последовательной отработке нескольких выемочных участков образование плоского дна мурды сдвигения на земной поверхности экспериментально не зафиксировано [2, 3].

Установление условий образования плоского дна мурды сдвигения на земной поверхности при отработке антрацитовых пластов явля-

ется актуальной задачей. От её решения зависят оптимальные рекомендации по уменьшению проявления горного давления при проведении и поддержании горных выработок, защите объектов в подрабатываемых породах и на земной поверхности, прогнозе и управлении газовыделением из выработанных пространств эксплуатируемых и отработанных выемочных участков, восстановлении выбросоопасных свойств подработанных пластов и т. д.

Наличие плоского дна мульды сдвижения при отработке одного выемочного участка в Западном Донбассе свидетельствует, что экспериментальные данные получены для всех стадий развития очистных работ от начала сдвижения земной поверхности до образования плоского дна мульды. Результаты этих наблюдений достаточно полно характеризуют процессы развития сдвижения пород, образования плоского дна мульды сдвижения и затухания указанных процессов, вызванных уплотнением пород.

При отработке антрацитовых пластов не была достигнута стадия полной подработки земной поверхности. В данном случае не установлен переход процессов сдвижения пород из одного стабильного состояния в другое. Идея состоит в использовании общих закономерностей сдвижения и уплотнения пород, полученных на всех стадиях до образования плоского дна мульды в Западном Донбассе, для прогнозирования условий появления плоского дна мульды сдвижения на земной поверхности при отработке антрацитовых пластов.

Для моделирования процессов перехода от одного стабильного состояния в другое использовали логистическую кривую [4]

$$y(x) = \frac{a}{1 + b \cdot e^{-c \cdot x}}. \quad (1)$$

Физическая сущность этого уравнения показана на рисунке 1. Параметр  $a$  кривой характеризует его максимальное значение. В рассматриваемом случае он соответствует глубине дна мульды сдвижения земной поверхности. Коэффициенты  $b$  и  $c$  определяют положение кривой относительно оси абсцисс и ширину среднего участка.

Первый этап развития – это «вживание» системы в свое «окружение». Второй – быстрого роста, а третий – стабилизации процесса. Учитывая поставленную задачу и конечную цель исследований в данном случае, представляет интерес описание процессов для разных горно-геологических условий на 2–м и 3–м этапах развития и затухания процессов. Согласно этим процессам происходит соответственно рост параметра по экспоненте, а затем выравнивание до прямой, параллельной оси абсцисс, достигая, практически постоянного значения. Исходя из

физических представлений, параллельность оси абсцисс соответствует образованию плоского дна мульды сдвижения земной поверхности.

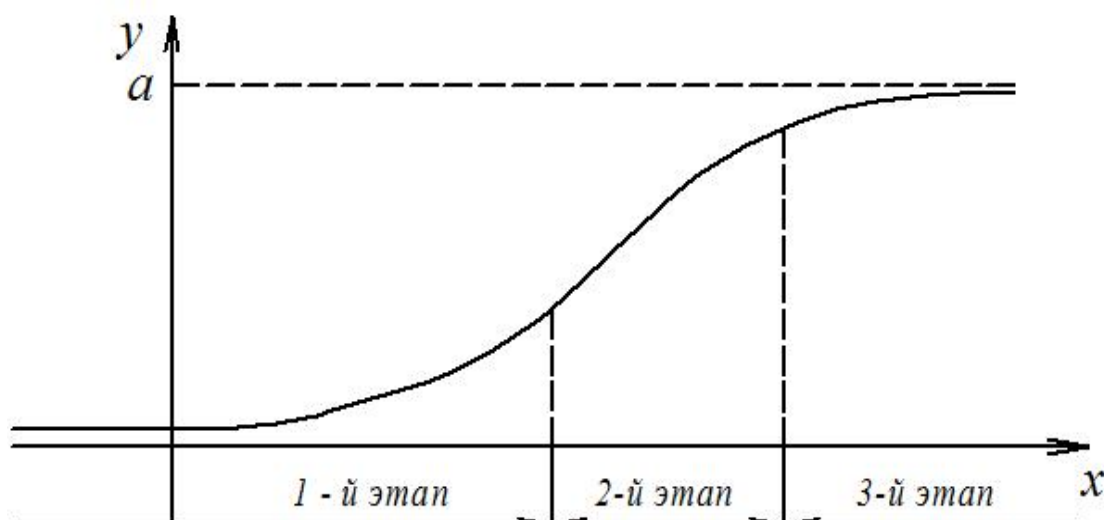


Рисунок 1 - Логистическая кривая описания главного параметра при развитии системы согласно  $S$  – образному закону

Анализ экспериментальных данных показал [5], что максимальное сдвижение земной поверхности ( $\eta_m$ ) зависит от мощности разрабатываемого пласта ( $m$ ), размеров очистной выработки ( $D_1, D_2$ ), глубины ведения горных работ ( $H$ ) и прочностных свойств пород. Обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов позволила получить зависимость изменения  $\eta_m/m$  от степени развития очистных работ ( $D_1/H \cdot D_2/H$ ) соответственно для условий Западного Донбасса и антрацитовых пластов:

$$\eta_m/m = \frac{0,92}{1 + 23,97 \cdot e^{-4,79 \cdot \frac{D_1 \cdot D_2}{H \cdot H}}}, \quad (2)$$

$$\eta_m/m = \frac{0,67}{1 + 9,83 \cdot e^{-2,16 \cdot \frac{D_1 \cdot D_2}{H \cdot H}}}. \quad (3)$$

Зависимости (2 и 3) практически функционально описывают процессы и соответствуют их физическому смыслу при значениях  $D_1/H \cdot D_2/H \geq 0,3 \dots 0,5$  (рис. 2). Меньшие значения аргумента

$(D_1/H \cdot D_2/H)$  характеризуют процессы начала сдвижения земной поверхности и требуют отдельного изучения.

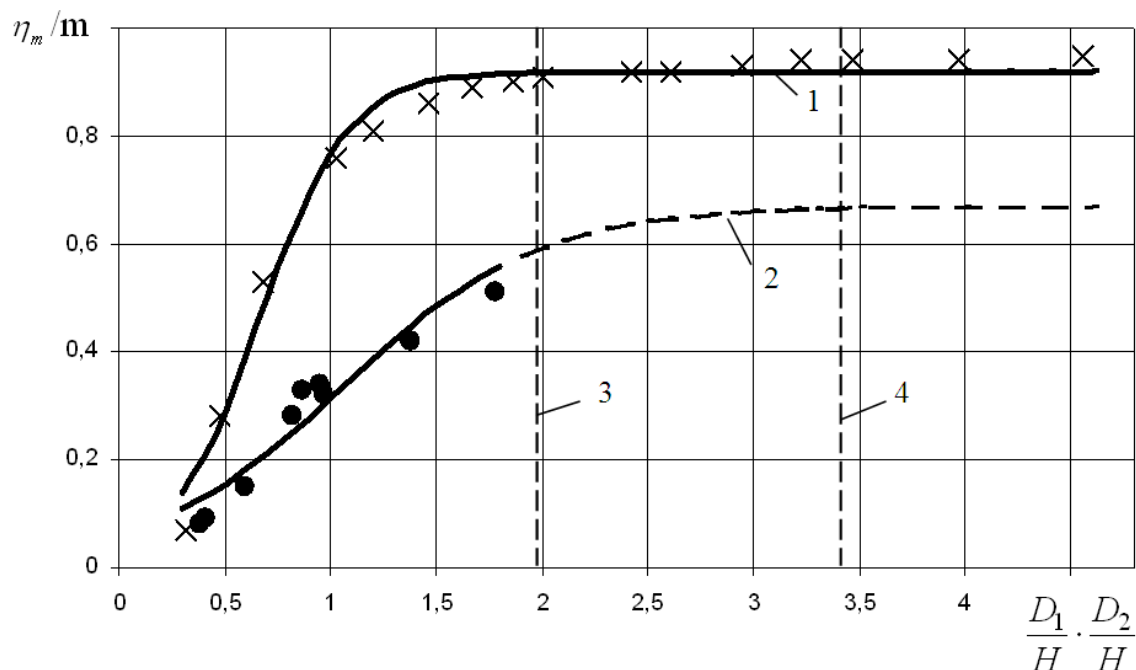


Рисунок 2 - Зависимость относительного максимального оседания земной поверхности ( $\eta_m/m$ ) от параметра  $(D_1/H \cdot D_2/H)$ .

- 1, 2 – кривые зависимости соответственно для условий Западного Донбасса и антрацитовых пластов;
- 3 – значение аргумента, при котором согласно [6] должно образовываться плоское дно мульды сдвижения на земной поверхности с учётом двух размеров очистной выработки ( $D_1, D_2$ ) и глубины работ  $H$ ;
- 4 – значение аргумента, при котором прогнозируется образование плоского дна мульды сдвижения при отработке антрацитовых пластов;
- ×, ● – экспериментальные данные, соответственно для Западного Донбасса и антрацитовых пластов.

Кривая 1 характеризует зависимость для условий Западного Донбасса, где вмещающие породы наименее прочные, а кривая 2 соответствует наиболее прочным породам, вмещающим антрацитовые пласты.

Ранее было установлено взаимное влияние двух геометрических размеров очистной выработки на величину  $\eta_m$  [5], когда один из линейных размеров выработанного пространства не соответствовал степени полной подработки земной поверхности. Взаимное влияние двух размеров не будет оказывать существенное влияние на изменение  $\eta_m$ , если

оба значения  $D_1$  и  $D_2$  соответствуют условиям полной подработки (образованию плоского дна мульды сдвижения).

В условиях Западного Донбасса полная подработка наступает когда отношение  $D_1/H$  и  $D_2/H$  равны или больше экспериментально установленного значения, равного 1,4. Для того, чтобы достигалась полная подработка с учетом двух размеров, необходимо выполнение условия:

$$\frac{D_1}{H} \cdot \frac{D_2}{H} \geq 1,4 \cdot 1,4 = 1,96. \quad (4)$$

Следовательно при расчете  $\eta_m^p$  по уравнению 2 необходимо учитывать значения  $D_1/H$  и  $D_2/H$ , которые меньше 1,4, а параметр  $D_1/H \cdot D_2/H$  – не более 1,96. В этом случае условия образования плоского дна мульды сдвижения полностью соответствуют рекомендациям нормативного документа [6].

По аналогии с Западным Донбассом при расчете  $\eta_m^p$  для антрацитовых пластов по уравнению 3 необходимо учитывать значения  $D_1/H \cdot D_2/H \leq 3,4$ , а  $D_1/H$  и  $D_2/H$  - не более 1,84.

Для устранения взаимного влияния размеров очистных выработок при неполной подработке произвели корректировку экспериментальных данных  $D_1/H$  и  $D_2/H$  с учетом достижения возможной полной подработки земной поверхности. Для антрацитовых пластов к рассмотрению необходимо принимать значения  $D_1/H$  и  $D_2/H$  меньше или равными 1,84. Если они превышают эту величину, то в расчете нужно использовать значение 1,84. Параметр  $D_1/H \cdot D_2/H$  в этом случае не превышает 3,4. Для условий Западного Донбасса к расчету приняты значения  $D_1/H \cdot D_2/H \leq 1,96$ , а  $D_1/H$  и  $D_2/H$  - не более 1,4.

Соответствие расчетных значений  $\eta_m^p$  по предлагаемой методике, измеренным  $\eta_m$  для разных горно-геологических условий характеризуются графиком (рис. 3).

Коэффициент корреляции между  $\eta_m$  и  $\eta_m^p$  составляет 0,99. Средние ошибки для условий Западного Донбасса и отработки антрацитовых пластов соответственно составили 9 и 14%. Это позволяет использовать зависимости 2 и 3 в практических расчетах при разной степени развития очистных работ, в том числе для определения глубины плоского дна мульды сдвижения земной поверхности при отработке антрацитовых пластов.

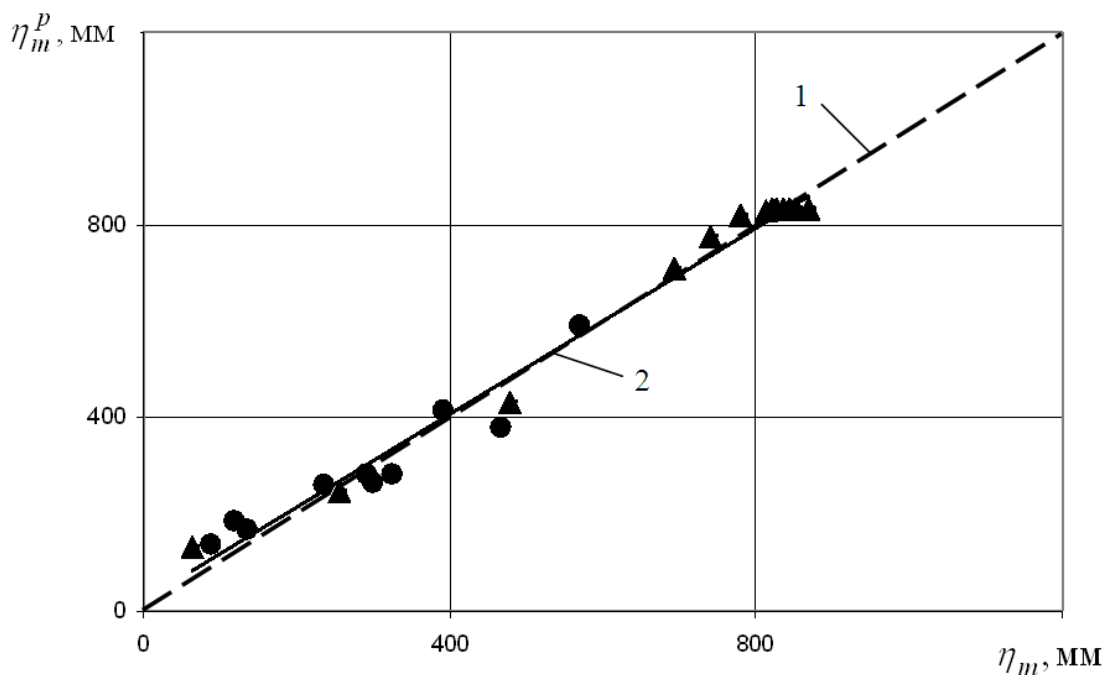


Рисунок 3 - График соответствия расчетных значений  $\eta_m^p$  экспериментально измеренным согласно [1-3]:

1 – биссектриса координатной сетки;

2 – прямая зависимость  $\eta_m^p = \varphi(\eta_m)$ ;

▲, ● – точки, полученные по уравнениям 2 и 3 соответственно для условий Западного Донбасса и антрацитовых пластов.

На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы:

- при выемке антрацитовых пластов полная подработка земной поверхности (образование плоского дна мульды сдвижения) может достигаться при превышении линейными размерами очистной выработки глубины ведения горных работ в 1,84 раза, что не соответствует рекомендациям нормативного документа [6];

- глубина плоского дна мульды сдвижения при отработке антрацитовых пластов может достигать 0,67 от мощности разрабатываемого пласта, а в условиях Западного Донбасса этот показатель равнялся 0,92.

### Библиографический список

1. Ларченко В.Г. Влияние подземной разработки угольных пластов на состояние земной поверхности / В.Г. Ларченко // Вестник МАНЭБ № 4(12). – С. – Петербург, 1998. - С. 39-41.

2. Борзых А.Ф. Влияние ширины выработанного пространства на активизацию сдвижения угленосного массива / А.Ф. Борзых, Е.П. Горовой // Уголь Украины. – 1999. – № 9. – С. 26-30.

3. Кулибаба С.Б. Подработка вертикального ствола в условиях объединения Шахтерскуголь / С.Б. Кулибаба, С.В. Голдин, Ф. Крюченков // Уголь Украины. – 1993. - №12. - С. 39-41.

4. Воробейчик Е.А. Экологическое нормирование наземных и водных экосистем / Е.А. Воробейчик, О.Ф. Садыков. – М.: Наука. – 1994. – 285 с.

5. Филатьев М.В. Влияние развития очистных работ на максимальное оседание земной поверхности / М.В.Филатьев // Уголь Украины, 2011. - № 4. – С. 12 – 16.

6. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. Видання офіційне. Мінпаливенерго України : ГСТУ 101.00159226.001 – 2003. – Київ.: 2004. – 128 с. – (Галузевий стандарт України).

**Рекомендована к печати д.т.н., проф. Окалеловым В.Н.**