

# Формирование зон сдвижений подработанных пород и земной поверхности

На основании анализа многолетних экспериментальных данных и результатов исследований разработана схема, в которой рассмотрены параметры развития очистных работ, мульды на земной поверхности и зоны полных сдвижений подработанных пород. Основные положения схемы дают возможность раскрыть механизм влияния одних факторов на другие и установить количественные связи между параметрами процессов под влиянием развития очистных работ в подработанном массиве пород и на земной поверхности.

**Ключевые слова:** мульда сдвижения, земная поверхность, породный массив, развитие очистных работ, оседание, подработка.

**Контактная информация:** [mfilatev@gmail.com](mailto:mfilatev@gmail.com)

При отработке угольных пластов необходимо решать актуальные задачи, связанные с подработкой вмещающих пород и вредным влиянием очистных работ на земную поверхность (выбор рационального места расположения горных выработок, охрана объектов на земной поверхности, предотвращение повышенных водопритоков в шахту, восстановление выбросоопасности сближенных пластов, прогноз газовыделения из подрабатываемых источников и др.). Решать перечисленные задачи горного производства практически невозможно без применения расчетных схем влияния очистных выработок на вмещающие породы и земную поверхность. На основании многолетних экспериментальных данных, результатов исследований моделей из эквивалентных материалов и аналитических обоснований предложено большое количество таких схем. Их многообразие обусловлено значительным количеством задач, для решения которых требовались индивидуальные подходы.

Установить экспериментально параметры протекания процессов сдвижения и деформации пород не всегда возможно. В ряде случаев о таких процессах можно судить по косвенным признакам (например, по изменению газовыделения или прочности угля пластов, попадающих в зону сдвижения пород, давления на крепь и т. д.). В настоящее время недостаточно изучены вопросы, связанные с формированием зоны полных сдвижений подрабатываемых пород во время ведения очистных работ, что вызвано трудностями непосредственного инструментального измерения в массиве пород из-за отсутствия доступа к исследуемому объекту. Раскрытие механизма образования зон полных сдвижений в подработанных породах позволяет принимать обоснованные решения при рассмотрении большинства задач, связанных с технологией ведения горных работ, их безопасностью, охраной объектов и экологическими последствиями.

Наиболее достоверно о происходящих процессах сдвижения подработанных пород можно судить, рассматривая совместно параметры развития очистных работ и мульды сдвижения на земной поверхности. Это дает возможность выполнять необходимые и точные замеры на земной поверхности и в горных выработках при ведении очистных работ. Известные схемы [1, 2] предусматривают использование зависимости параметров мульды сдвижения земной поверхности от степени развития очистных работ, но



**М. В. ФИЛАТЬЕВ,**  
канд. техн. наук  
(Донбасский ГТУ)



**Н. И. АНТОЩЕНКО,**  
доктор техн. наук  
(Донбасский ГТУ)



**С. В. ПЫЖОВ,**  
аспирант  
(Минэнергоуголь Украины)

они не учитывают процессы образования зон полных сдвижений в подрабатываемом массиве пород. Разработав схему, которая увязывала бы развитие очистных работ с параметрами процессов образования зон полных сдвижений подработанных пород и мульды на земной поверхности, можно с высокой степенью достоверности решать многие задачи горного производства.

Цель данной работы – разработка такой схемы (рис. 1). В схеме ис-

пользованы обозначения: 0 – неподвижный забой разрезной печи; 1, 2, 3, ..., i, ..., i + 1 – положения очистного забоя при его удалении от разрезной печи; 4 – кривая зоны полных сдвижений в подработанных породах; 1', 2', 3', ..., i', ..., i' + 1 – точки, определяющие границу зоны полных сдвижений в подработанных породах; 1'', 2'', 3'', ..., i'', ..., i'' + 1 – точки траектории максимального оседания земной поверхности и соответствующие им мульды сдвижения; 5 – кривая траектории максимального оседания точек земной поверхности при удалении очистного забоя от разрезной печи; 6 – земная поверхность;  $L_1, L_2, L_3, \dots, L_p, \dots, L_{i+1}$  – расстояния между разрезной печью и удаляющимся очистным забоем;  $\Delta L_i$  – подвигание очистного забоя после образования плоского дна мульды сдвижения на земной поверхности;  $L_m$  – длина полумульды сдвижения земной поверхности после ее полной подработки;  $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \dots, \psi_i$  – углы полных сдвижений в подработанных породах;  $\gamma_i$  – граничный угол после полной подработки земной поверхности;  $m$  – мощность разрабатываемого пласта;  $H$  – глубина ведения очистных работ;  $H_p$  – верхняя граница зоны полных сдвижений в подработанных породах;  $H_n$  – мощность породных слоев, параллельно перемещающихся после полной подработки земной поверхности;  $\eta_0$  – глубина плоского дна мульды сдвижения;  $\rightarrow$  – направление подвигания очистного забоя.

При создании схемы в основном использовали такие научные положения [1, 2]:

- начало сдвижения земной поверхности происходит после осадки основной кровли в точке 1'' при уда-

лении очистного забоя от разрезной печи на некоторое расстояние  $L_1$ . Границы полных сдвижений определяют углы  $\psi_1$  и точка 1'. При отработке пологих пластов эта точка находится примерно над серединой выработанного пространства;

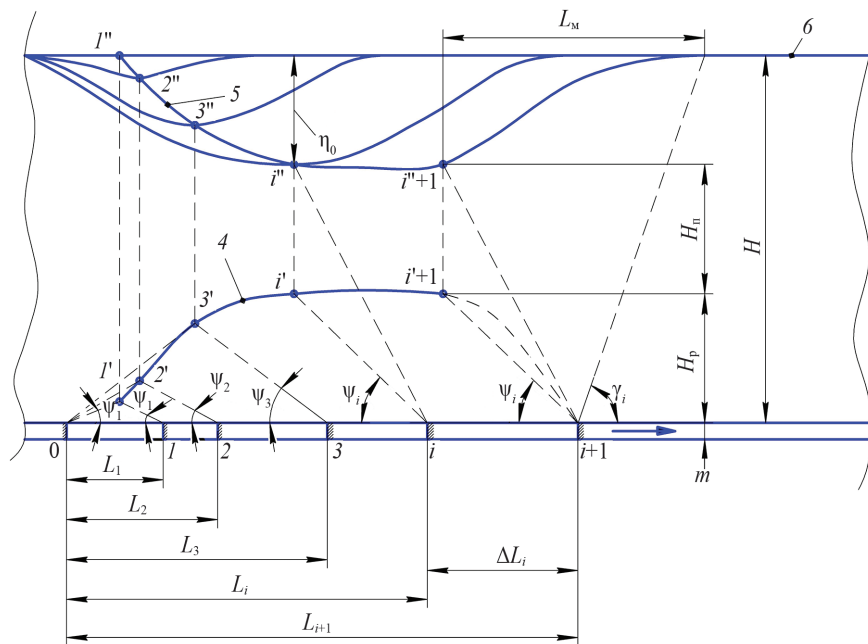
- максимальное оседание земной поверхности до полной подработки также происходит над серединой выработанного пространства. Траектория максимального оседания точек земной поверхности до полной подработки проходит через точки 1'' – 2'' – 3'' – i'' (кривая 5). В подработанных породах этим точкам соответствуют позиции 1' – 2' – 3' – i' и углы полных сдвижений  $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \dots, \psi_i$ , которые определяют верхнюю границу полных сдвижений (кривая 4);

- при удалении очистного забоя от разрезной печи на расстояние  $L_i$  достигается полная подработка земной поверхности и образуется плоское дно мульды сдвижения глубиной  $\eta_0$ . Дальнейшее образование зоны полных сдвижений пород зависит только от расстояния, на которое подвигается очистной забой. После его перемещения из положения i в пункт i+1 образуется верхняя граница зоны полных сдвижений подработанных пород на участке i' – i' + 1. На земной поверхности ему соответствует часть мульды сдвижения в виде плоского дна между точками i'' и i'' + 1;

- после полной подработки земной поверхности над верхней границей зоны полных сдвижений (i' – i' + 1) и под плоским дном мульды на участке i'' – i'' + 1 параллельно оседают породные слои общей мощностью  $H_n$ , что подтверждается параллельным смещением реперов в подработанных горных выработках и скважинах.

В схеме рассмотрены параметры развития очистных работ, мульды на земной поверхности и зоны полных сдвижений подработанных пород. Соответствие схемы реальным процессам подтверждают непосредственные экспериментальные данные и использование ее отдельных элементов в инженерных расчетах. Практическое применение предложенной схемы в большинстве случаев возможно с учетом научных знаний, накопленных в разных областях горной науки.

Один из самых важных моментов практического применения схемы – определение отхода очистного забоя от разрезной печи  $L_1$ , при котором начинается сдвижение земной поверхности. Знать этот параметр необходимо для решения ряда задач, связанных с безопасной подработкой земной поверхности. Для конкрет-



**Рис. 1.** Схема формирования зоны полных сдвижений в подработанных породах и мульды на земной поверхности под влиянием развития очистных работ.

ных горно-геологических условий его можно найти, используя зависимость траектории точек максимального оседания (кривая 5) от  $L_1$ . С этой целью максимальное оседание земной поверхности  $\eta_{\max}$  необходимо принять равным нулю и решить уравнение относительно  $L_1$  [3].

Сдвигение земной поверхности начинается после первичной осадки основной кровли. Эти два события связаны между собой во времени и пространстве. Для неглубоких шахт они происходят практически одновременно, что позволяет в первом приближении для определения  $L_1$  использовать также факт первичной осадки основной кровли. При ведении очистных работ на средних и больших глубинах следует вводить некоторые поправки на скорость распространения процессов сдвигения подработанных пород в сторону земной поверхности.

В последние годы появились работы [4, 5], посвященные непосредственному изучению процессов первичной и последующих осадок кровли. В них предлагаются классификации непосредственной и основной кровель, а также методики расчета шага первичной осадки основной кровли. Эти методики несколько отличаются между собой. Поэтому необходим анализ полученных результатов и их соответствие экспериментальным данным.

Наряду с результатами работ [4, 5] для установления зон полных сдвижений можно использовать способ формирования кривой динамики газовыделения при первичной и последующих осадках основной кровли [6]. Данный способ позволяет также рассчитать расстояние  $H_p$  от разрабатываемого пласта, при котором прекращается приток метана из подрабатываемых источников. Это расстояние предположительно будет определять положение верхней границы ( $i' - i' + 1$ ) зоны полных сдвижений (см. рис. 1) или находиться вблизи нее.

Обобщив способы и подходы к определению параметров первичных осадок основной кровли [4–6] и начала сдвигения земной поверхности [1–3], можно разработать рекомендации по установлению границы (кривая 4) полных сдвижений в подрабатываемых породах ( $1' - 2' - 3' - i' - i' + 1$ ).

По траектории точек максимального оседания земной поверхности (кривая 5) рассчитывают возможную глубину плоского дна мульды сдвигения на земной поверхности. Размеру плоского дна мульды сдвигения в интервале  $i'' - i'' + 1$  соответствует расстояние  $\Delta L_i = L_{i+1} - L_i$ , на которое подвинулся очистной забой после образования плоского дна. Значения параметров мульды сдвигения земной поверхности после ее полной подработки можно рассчитать согласно известным математическим моделям [2, 7, 8]. Это позволяет в совокупности с ранее рассмотренными работами [4, 6] увязать практически все параметры, характеризующие

развитие очистных работ, образование мульд на земной поверхности и зон полных сдвижений в подработанных породах.

**Выводы.** Разработанные основные положения схемы дают возможность увязать между собой параметры развития очистных работ с процессами образования зон полных сдвижений в подрабатываемых породах и мульд на земной поверхности. Это способствует раскрытию механизма влияния одних факторов на другие и установлению количественных связей между параметрами процессов, происходящих в горных выработках, подработанном массиве пород и на земной поверхности.

Предлагаемая схема имеет важное научно-техническое значение для угольной отрасли. Ее использование и дальнейшее совершенствование позволит решить многие актуальные задачи горной науки и производства.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Назаренко В. А. Закономерности развития максимальных оседаний и наклонов поверхности в мульде сдвигения / В. А. Назаренко, Н. В. Йощенко. – Днепропетровск: НГУ, 2011. – 91 с.
2. Чепурная Л. А. Обобщенная схема сдвигения земной поверхности до и после образования плоского дна мульды / Л. А. Чепурная, Н. И. Антощенко // Науч. тр. Донбасского ГТУ. – 2013. – Вып. 40. – С. 46–50.
3. Чепурная Л. А. О подработке земной поверхности антрацитовыми пластами / Л. А. Чепурная, М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко // Уголь Украины. – 2014. – № 6. – С. 3–7.
4. Лобков М. І. Розвиток наукових основ прогнозу обвалення порід покрівлі при вийманні лавою пологого пласта: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец. 05.15.02 «Підземна розробка родовищ корисних копалин» / М. І. Лобков. – Донецьк, 2012. – 36 с.
5. Медяник В. Ю. Прогнозирование шага первичной посадки труднообрушаемой кровли при отработке пологонаклонных пластов антрацита глубокими шахтами / В. Ю. Медяник, А. П. Болотов // Науковий вісник НГУ. – 2013. – № 5. – С. 36–42.
6. Формирование динамики метановыделения из подрабатываемого массива при отработке газоносных угольных пластов: монография / [Н. И. Антощенко, В. Н. Окалелов, В. И. Павлов и др.]. – Алчевск: Донбасский ГТУ, 2013. – 221 с.
7. Гавриленко Ю. Н. Прогнозирование сдвижений земной поверхности во времени / Ю. Н. Гавриленко // Уголь Украины. – 2011. – № 6. – С. 45–49.
8. Кулибаба С. Б. Характер развития процесса сдвигения земной поверхности во времени над движущимся очистным забоем / С. Б. Кулибаба, М. Д. Рожко, Б. В. Хохлов // Наук. пр. УкрНДМУ НАН України. – 2010. – № 7. – С. 40–54.