

3. Пустовойт В.П., Кузнецова Л.М. Автоматизированное рабочее место и базы данных по метаноносности угольных пластов в Донбассе //Геотехническая механика. Межведомственный сборник научных трудов, вып. 17. Киев-Днепропетровск, 2000. — С. 137 — 140.

УДК 622.834.

М.С. Четверик, Е.В. Андрощук,  
ИГТМ НАН Украины

### ВЛИЯНИЕ СДВИЖЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ТОЛЩИ НА ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕ

*Розвинута теорія зсунення геологічної товщі гірських порід циклічно, блоками при підземному вийманні вугілля. Вона дозволяє пояснити циклічне та поступове накопичення метану в очисному вибої при невеликій швидкості його переміщення. Показано, що якщо час розповсюдження деформацій розтягнення від поверхні до очисного вибою менший, чим час переміщення вибою під блоком, який зсувається, то зона деформацій розтягнення деякий час знаходиться над виробленим простором.*

### THE INFLUENCE OF THE GEOLOGICAL SEAM SLIDE ON THE GAS EMISSION

*The theory of the cyclic, in blocks, slide of geological rock seam during excavation of the coal is described. The theory allows explaining a cyclic and progressive accumulation of methane in a breakage face when the speed of movement is not high. It demonstrates that if the time of distribution of a tensile deformation from a surface to a breakage face is less than the time of travel of the face under the sliding block, then zone of tensile deformation will be above mined space during a certain period of time.*

Процессы газоводовыделения при подземной выемке угля глубоко изучены непосредственно при работе очистных забоев. Однако, они не рассматриваются во взаимосвязи со сдвижением всей газоводонасыщенной геологической толщи. Детальное рассмотрение этого вопроса усложняется тем, что в настоящее время недостаточно изучена взаимосвязь параметров сдвижения земной поверхности и скорости подвигания очистной выемки. В то же время сдвигающаяся геологическая толща оказывает существенное влияние на загазованность и обводненность забоев, на повышенное оседание земной поверхности.

В результате выемки угля при перемещении очистного забоя подработанная геологическая толща теряет свое равновесное положение /1,4/. Вода и газ, которые находятся в горном массиве, воспринимают геостатическое дав-

ление совместно с углем и породами, в которых они находятся. При выемке угольного пласта при прохождении динамической мульды сдвижения, происходит дегазация и обезвоживание геологической толщи. Исходя из этого главный вектор сдвижения геологической толщи будет:

$$R_r \leq m + \Delta m_r + \Delta m_b,$$

где  $\Delta m_r$  и  $\Delta m_b$  – величины, на которые уменьшается мощность сдвигающейся геологической толщи за счет дегазации и обезвоживания, м.;  $m$  – вынимаемая мощность пласта, м.

Повышенное оседание земной поверхности в связи с дегазацией геологической толщи подтверждается инструментальными наблюдениями. Установлено, что сдвижения существенно отличаются на месторождениях с различной газоносностью геологической толщи, что учитывается в «Правилах охраны...» /2/. Так, коэффициенты относительного оседания и горизонтального сдвижения рекомендуется принимать исходя из марок разрабатываемых углей, т.е. степени метаморфизма пород (табл. 20, стр. 177 /2/).

В таблице 1 приведены значения этих коэффициентов и добавлена пористость пород.

*Таблица 1*

**Коэффициенты максимальных оседаний  $q_0$  и горизонтальных сдвижений  $a_0$ , рекомендованные в «Правилах охраны...»**

$q_0$	$a_0$	Марки углей	Степень метаморфизма	Пористость песчаников, %
0,75	0,3	ПА, А	высокая	1-3
0,80	0,3	Ж, К, ОС	средняя	6-12
0,85	0,4	Д, Г	низкая	12-18

Чем выше пористость пород и меньшая степень их метаморфизма, тем больше по величине параметры сдвижения: оседания и горизонтальные сдвижения.

Продолжительность процесса сдвижения зависит от скорости перемещения забоя. Но поскольку скорость деформаций горных пород в массиве зависит от их свойств и прилагаемых нагрузок, то она может быть постоянной при работе одного и того же забоя, несмотря на различные скорости его перемещения.

На основании данных о продолжительности процесса сдвижения при разных глубинах подработки, полученных из инструментальных наблюдений, приведенных в «Правилах охраны...» /2/, можно считать, что для всех

угледобывающих бассейнов: Донбасса, Караганды, Воркуты и др. с увеличением скорости перемещения забоя общая продолжительность процесса сдвижения уменьшается. Используя эти данные [2] можно определить среднюю скорость развития деформаций горных пород в горном массиве исходя из глубины расположения забоя и общей продолжительности процесса сдвижения геологической толщи, которая подрабатывается (табл. 2).

Как следует из таблицы 2 при большой скорости перемещения забоя продолжительность сдвижения меньше, а при меньших скоростях перемещения забоев снижается скорость развития деформаций в массиве, что вызывает сомнение.

Рассмотрим более детально продолжительность сдвижения геологической толщи (рис.1). Согласно многочисленным инструментальным наблюдениям скорость оседания земной поверхности разделяют на три стадии: начальная, активная и пассивная.

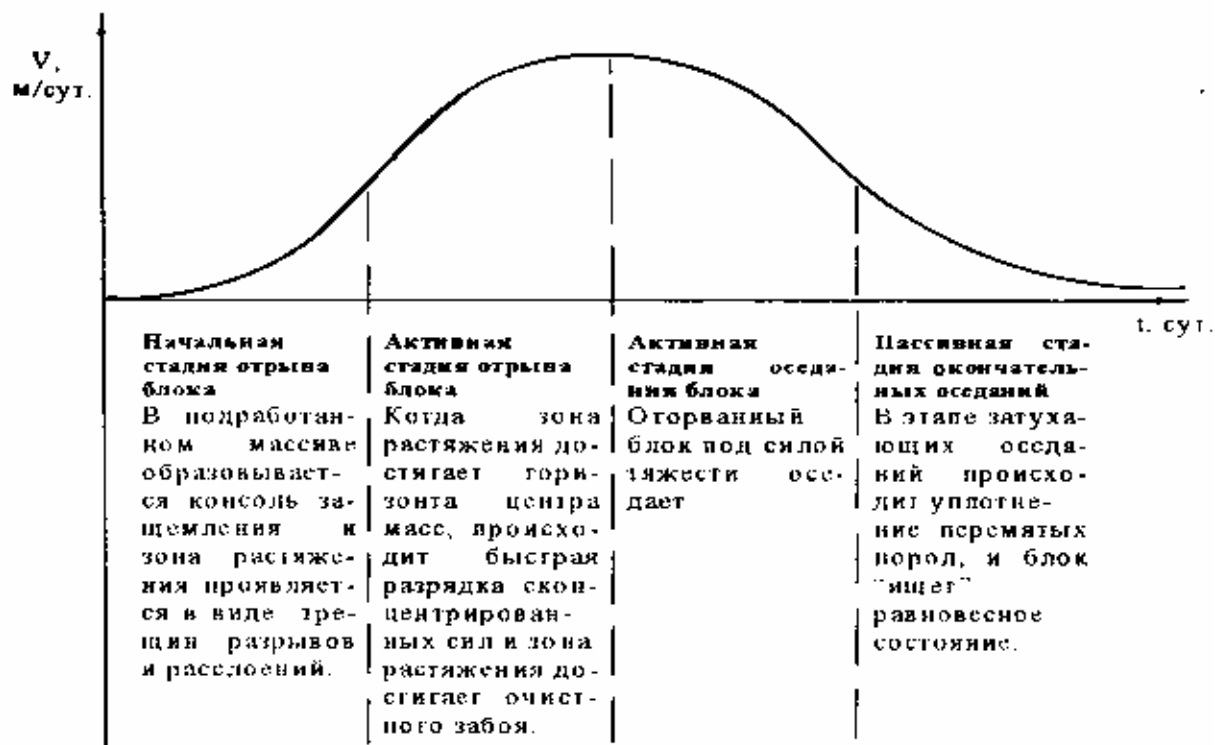
Таблица 2

### Скорость развития деформаций в горном массиве

Глубина разработки	Продолжительность процесса сдвижения, мес./ скорость развития вертикальных деформаций, м/сут.		
	скорость подвигания забоя, м/мес.		
	30	50	70
Общая продолжительность			
100	5 / 0,66	4 / 0,83	3 / 1,11
300	13 / 0,76	8 / 1,25	6 / 1,66
500	22 / 0,76	18 / 1,28	10 / 1,67
700	30 / 0,78	19 / 1,23	13 / 1,79
1000	44 / 0,76	20 / 1,28	19 / 1,75
Период опасных деформаций			
100	3 / 1,11	2 / 1,67	2 / 1,67
300	8 / 1,25	5 / 2,00	4 / 2,50
500	12 / 1,39	7 / 2,38	5 / 3,33
700	16 / 1,45	10 / 2,33	7 / 3,33

Эту особенность скорости оседания земной поверхности можно объяснить при следующей физической модели (рис.2).

При подземной выемке угля происходит сдвижение земной поверхности и геологической толщи, оконтуренной граничными углами сдвижения. Сдвижение горного массива происходит потому, что в результате выемки угля возникает нарушение равновесия геологической толщи, и ее центр тяжести смещается, породы и поверхность стремятся занять равновесное состояние. Процесс сдвижения геологической толщи происходит циклично, блоками.



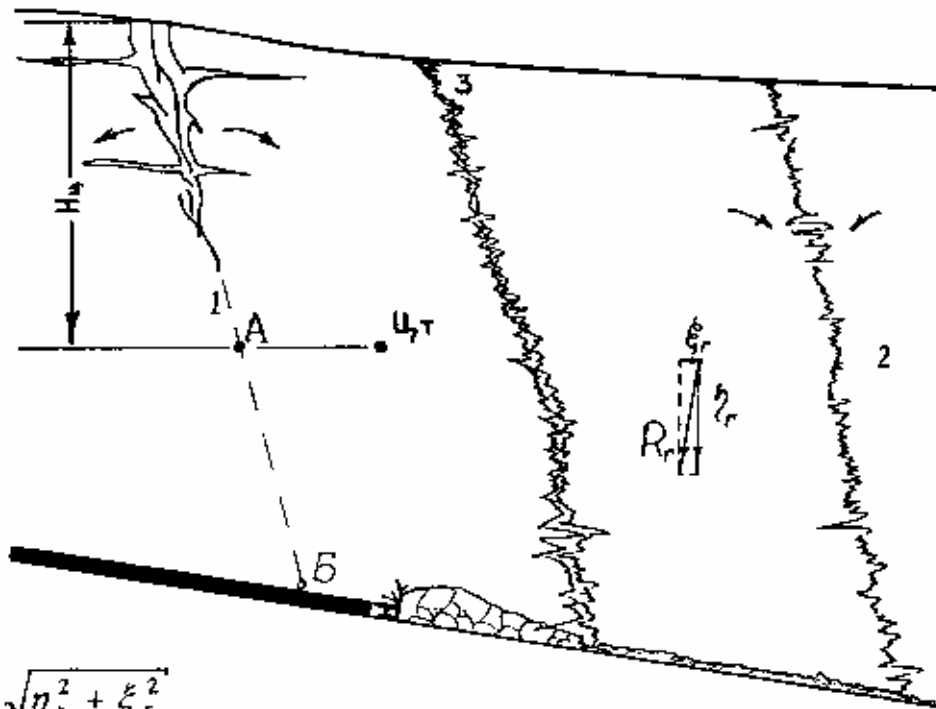
**Рис. 1. Схема распределения скоростей оседаний земной поверхности над движущимся забоем и характеристика этапов сдвижения геологической толщи**

Начальный этап сдвижения заключается в подработывании блока, образовании консоли защемления и появлении зоны растяжений (разрывов и расслоений, см. рис.2).

При достижении вертикальными деформациями горизонта центра массы блока  $H_{ц}$ , начинается активный этап процесса развития зоны растяжений. Когда сила тяжести блока превысит удерживающие силы пород по линии АБ идет резкий отрыв блока от ненарушенного массива. Затем происходит интенсивное оседание оторвавшегося блока. Резкий отрыв блока и его интенсивное оседание представляет активную стадию сдвижения. Она составляет около 70% от всего времени сдвижения [5]. Последний этап состоит из остаточных оседаний. Через определенный промежуток времени отрывается следующий блок и, обрушается на предыдущий, зона растяжений сменяется зоной сжатий. Породы уплотняются и фильтрационные свойства зоны растяжений прекращаются. Горный массив окончательно возвращается в равновесное состояние.

При разной скорости перемещения забоя зона растяжений может находиться некоторое время над выработанным пространством.

Время простоя зоны растяжений над выработанным пространством можно определить так

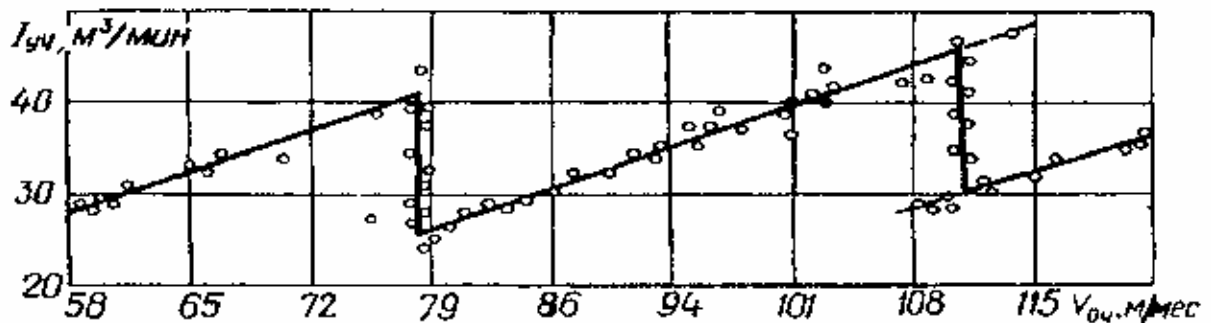


$$R_r = \sqrt{\eta_r^2 + \xi_r^2}$$

$$R_r = \frac{\eta_r}{\cos \alpha}$$

$$\xi_r = \eta_r + q \cdot a$$

**Рис. 2.** Физическая модель блочного сдвижения: 1 – зона деформаций растяжений; 2 – зона деформаций сжатий; 3 – точка перегиба; Ц<sub>т</sub> – центр тяжести блока; R<sub>г</sub> – главный вектор сдвижения



**Рис. 3.** Графики зависимости абсолютной газообильности участка от подвигания очистного забоя. (по Петрову В.В., Бобрышеву В.В. и др.)

$$\Delta t = T_3 - t_a, \quad (1)$$

где  $t_a$  – время развития вертикальных деформаций от земной поверхности до забоя, сут.;

$T_3$  – время подработки двух блоков, сут.

$$\Delta t = \frac{2L}{V_3} - \frac{H}{V \cdot \sin \gamma}, \quad (2)$$

где  $H$  – глубина разработки, м.;

$V$  – усредненная скорость развития вертикальных деформаций, м/сут;

$\gamma$  – угол сдвижения подработанного блока, град.;

$L$  – длина блока, м;

$V_3$  – скорость очистного забоя, м/сут.

Из формулы (2) следует, что чем меньшая скорость перемещения забоя, тем большее время зона растяжений находится над выработанным пространством. Этим же объясняется большая продолжительность процесса сдвижения (табл.2) при малых скоростях передвижения забоя.

Влияние процесса сдвижения геологической толщи на загазованность хорошо просматривается на примере цикличного изменения газообильности добычного участка на АП «Шахте им. Засядько» /3/. За время работы шахты неоднократно было замечено явление, которое заключается в том, что в очистном забое газообильность изменяется циклично: возрастает до максимума, а затем резко снижается. Так в условиях 7-й и 8-й западных лав пласта по мере подвигания очистного забоя газообильность повышается и периодически снижается (рис.3).

Нами это объясняется тем, что при подработке геологической толщи и образовании консоли защемления появляется повышенное давление на призабойную часть. Происходит естественное выдавливание газа из отработываемого и вышележащих пластов (кровли).

С нашей точки зрения максимальное газовыделение (рис.3) приходится перед моментом обрушения блока (при наибольшей длине консоли). Затем происходит разгрузка горного массива, и количество газа резко снижается. По мере подработывания очередного блока геологической толщи происходит постепенное увеличение газообильности участка до критического значения, которое наступает при прохождении очистным забоем расстояния, равного длине обрушаемого блока (см. рис.2,3).

Параметры цикличного выделения метана в забое в зависимости от перемещения забоя близки до параметров обрушающихся блоков горных пород разной степени метаморфизма /1/.

Как следует из приведенных экспериментальных данных наряду с периодическим увеличением выделения метана и резким его снижением происходит и неуклонное увеличение загазованности рабочего пространства. Это

можно объяснить тем, что когда зона деформаций растяжений переходит в зону деформаций сжатий и геологическая толща полностью оседает, то происходит перемещение метана из выработанного пространства в забой. Через зону сжатий (деформации сжатий в 1,2-1,6 раза больше деформаций растяжений /6/) газ не может подниматься вверх над выработанным пространством. Поэтому постепенное накопление метана в очистном забое может происходить в процессе отработки всего столба и будет максимальным при доработке.

Таким образом, цикличное, блочное сдвижение геологической толщи при выемке угля соответствует цикличному и постепенному накоплению метана в очистном забое при небольшой (до 150 м/мес.) скорости его перемещения. Установлено, что если время развития деформаций растяжений от поверхности до очистного забоя меньше, чем время перемещения забоя под сдвигающимся блоком, то зона деформаций растяжений некоторое время находится над выработанным пространством.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Четверик М.С., Озеров И.Ф. Сдвижение земной поверхности и геомеханические процессы в подработанном массиве при разработке пологих пластов угля./ Геотехническая механика. Межвед. сб. науч. трудов № 9. 1998. – С. 64 – 70.
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на угольных месторождениях: Утв. Минуглепромом СССР, М: Недра, 1981.- 288 с.
3. Петров В.В., Бобрышев В.В., Бокий Б.В., Ирисов С.Г. Циклическое изменение газообильности участка при увеличении нагрузки на лаву//Уголь Украины.-1999.- № 3. – С.15-16.
4. Четверик М.С., Анциферов А.В., Пимоненко Л.И., Андрощук Е.В. Сдвижение горного массива и геофильтрационные процессы при выемке угля в Западном Донбассе / Геотехническая механика. Межвед. сб. науч. трудов, вып. 26.- 2001.- С. 38-43.
5. Сдвижение горных пород и земной поверхности при подземных разработках. Под общей ред. В.А. Букринского, Г.В. Орлова.- М.: Недра, 1984. – 247 с.
6. Петрук Е.Г. Управление деформационными процессами в динамической мульде сдвижения при подземной разработке пологих угольных пластов: Автореф. дис... д-ра техн наук.- Днепрпетровск, 1994.-38 с.