

УДК 622.1:622.834.1

Кучин А.С., д-р техн. наук, профессор
(Государственное ВУЗ «НГУ»)

**СОВМЕСТНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ
ПОВЕРХНОСТИ И МАССИВА СЛАБОМЕТАМОРФИЗОВАННЫХ
ГОРНЫХ ПОРОД**

Кучин О.С., д-р техн. наук, професор
(Державний ВНЗ «НГУ»)

**СУМІСНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ЗРУШЕННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ТА
МАСИВУ СЛАБОМЕТАМОРФІЗОВАНИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД**

Kuchin A.S., D.Sc. (Tech.), Professor
(State HEI "NMU")

**COMBINED ANALYSIS OF THE EARTH'S SURFACE SUBSIDENCE AND
ROCK MOVEMENT**

Аннотация. Целью данной статьи является совместный анализ результатов наблюдений за сдвижением земной поверхности и подрабатываемого массива. Решение поставленной задачи выполнялось на основе результатов экспериментальных наблюдений за сдвижением земной поверхности и массива горных пород.

В статье выполнен анализ сдвижений и деформаций наблюдательной станции и наблюдательной скважины, заложенный над горными работами шахт Западного Донбасса. Исследования поведения горного массива и земной поверхности выполнены для условий движущегося очистного забоя. В результате исследований установлены качественные и количественные закономерности сдвижения слабометаморфизованных горных пород.

Полученные закономерности позволят скорректировать существующие схемы процесса сдвижения массива горных пород, а также изменить существующий подход к анализу горизонтальных сдвижений и деформаций земной поверхности.

Ключевые слова: сдвижение, деформация, горные породы, подработка, репер, скважина.

Введение. Земная поверхность является неотъемлемой частью горного массива – его верхним слоем. При этом нет определенной границы раздела между массивом и земной поверхностью. Изучение процесса сдвижения в основном также проводится без взаимной увязки процессов, происходящих в массиве и на земной поверхности.

Исследования процесса сдвижения массива горных пород не многочисленны и в большинстве базируются на теоретических исследованиях, в основу которых заложены экспериментальные результаты и закономерности полученные для земной поверхности [1-4]. Имеются методики расчета напряжений в зоне опорного давления, основанные на их взаимосвязи с оседаниями земной поверхности над краевой частью угольного пласта [5]. Предложенные методики, несомненно, имеют научный интерес, но при этом их достоверность экспе-

риментально не доказана в связи со сложностью проведения инструментальных наблюдений за сдвижением подрабатываемого массива. При этом не вызывает сомнения наличие взаимосвязи между сдвигами земной поверхности и массива горных пород над очистной выработкой, а дальнейшее изучение в данном направлении является актуальной и перспективной задачей.

Для изучения вышеописанной взаимосвязи необходимо иметь результаты наблюдений за сдвижением земной поверхности и подрабатываемого массива в одинаковых горно-геологических условиях, а в идеальном случае – для условий отработки одной очистной выработки.

Методика. Всего за время изучения процесса сдвижения земной поверхности на шахтах Западного Донбасса заложено 35 наблюдательных станций, состоящих из 76 профильных линий и 4030 грунтовых реперов. На станциях выполнено 498 серий наблюдений, включая кратковременные (частотные) наблюдения.

Инструментальные наблюдения за сдвижением подрабатываемого массива по известным причинам не так многочисленны.

На текущий момент для условий Западного Донбасса накоплены результаты наблюдений за сдвижением подрабатываемого массива на наблюдательных станциях, состоящих из линий реперов в подрабатываемых подземных выработках (3 случая) и глубинных реперов (2 случая).

Для совместного анализа процесса сдвижения земной поверхности и массива горных пород наибольший интерес представляют наблюдательные станции, расположенные в скважинах в виде системы глубинных реперов, и при этом для этих же условий имеются результаты наблюдений за сдвижением земной поверхности. Для условий Западного Донбасса такие наблюдения проводились на наблюдательной станции № 12 и наблюдательной скважине №35. План наблюдательной станции и результаты наблюдений за смещением глубинных реперов подробно представлены в работе [6]. Глубина разработки угольного пласта составляла 100-110 м. В скважине №35 глубинные репера заложены на глубине 56-82 м с интервалом 5-6 м. Для наблюдательной станции №12 глубина заложения составила 57-77 м. Периодичность наблюдений составляла 1-7 суток. Всего проведено 96 серий наблюдений.

Целью данной статьи является совместный анализ результатов наблюдений за сдвижением земной поверхности и подрабатываемого массива, который позволит ограничить в массиве характерные зоны сдвижения и в дальнейшем разработать методику прогнозирования сдвижений и деформаций над очистной выработкой.

Проанализируем результаты инструментальных наблюдений при различном удалении очистного забоя от разрезной печи для условий наблюдательной скважины №35 [6]. На рис. 1 представлены графики оседаний, горизонтальных сдвижений и деформаций земной поверхности на момент 3-го наблюдения. Анализируя графики горизонтальных деформаций можно выделить характерные зоны растяжений и сжатий подрабатываемого массива. Зона полного сдвижения на разрезе в главном сечении, параллельном направлению движения

очистного забоя, ограничивается углами полных сдвижений ψ (рис. 1). Значения углов ψ получены для условий полной подработки земной поверхности. Для горно-геологических условий наблюдательной станции №13 их величины составили:

- над разрезной печью – 46° ;
- над движущимся очистным забоем – $43-47^\circ$.

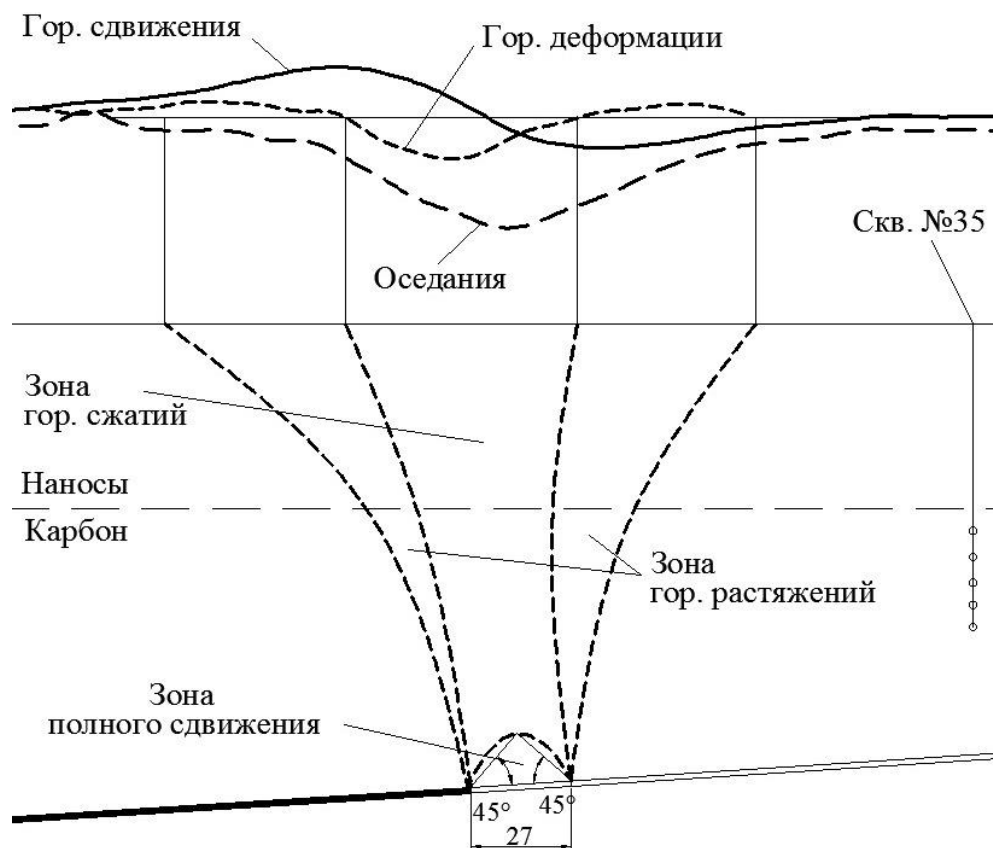


Рисунок 1 - Деформирование массива горных пород и земной поверхности при удалении очистного забоя на расстояние 27 м

При определении условной границы зоны полных сдвижений принято допущение о том, что величина угла полных сдвижений в массиве одинакова. С увеличением пролета очистной выработки увеличиваются размеры зоны полных сдвижений (рис. 2).

В этой зоне породные слои характеризуются первоначальным залеганием и находятся в состоянии вертикальной разгрузки (вертикальные деформации растяжения). Вышележащая толща горных пород находится в состоянии вертикального и горизонтального сжатия. При отходе забоя лавы от разрезной печи на расстояние 146 м (11-е наблюдение) горный массив по оси скважины №35 находится в стадии интенсивного воздействия деформаций вертикального растяжения [6]. Окончание этой стадии свидетельствует о переходе горных пород в зону полных сдвижений. Этот момент соответствует удалению забоя от линии глубинных реперов на расстояние 60 м ($D/H=1,5$, рис. 2). После этого наступает стадия вторичного уплотнения пород над выработанным пространством. После

окончания отработки очистной выработки первоначальное состояние пород кровли угольного пласта не восстанавливается – они находятся под воздействием незначительных вертикальных растяжений.

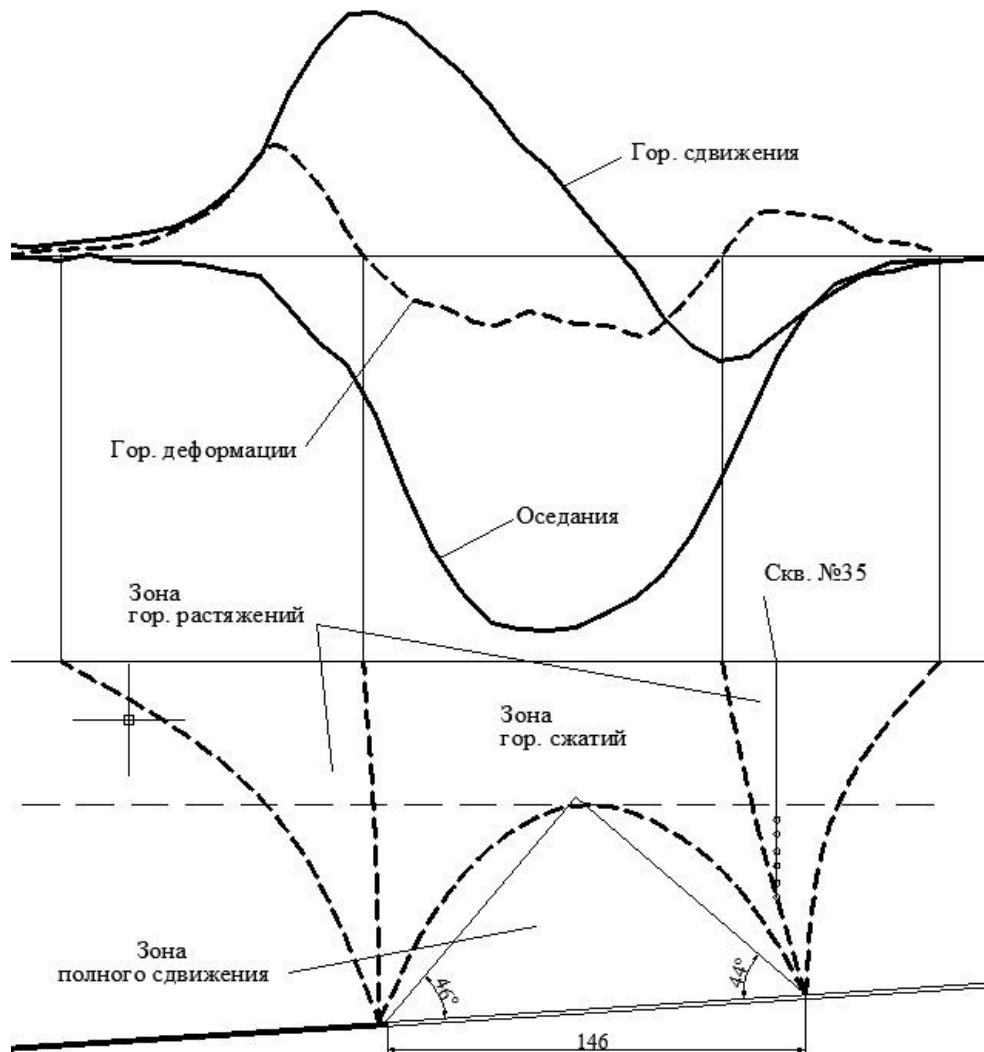


Рисунок 2 - Деформирование массива горных пород и земной поверхности при удалении очистного забоя на расстояние 146 м

Границу зоны полных сдвижений в массиве горных пород можно установить по результатам наблюдений за глубинными реперами, заложенными в скважине №35. На момент проведения 33-го наблюдения деформирование интервала между глубинными реперами 4-5 (H=56-61 м) перешло в фазу затухания, что свидетельствует о нахождении реперов в зоне полных сдвижений (рис. 3).

Удаление очистного забоя от разрезной печи составило 194 м ($D/H=1,5$), что соответствует полной подработке земной поверхности и началу формирования плоского дна. Дальнейшее деформирование земной поверхности и горных пород над разрезной печью практически прекращается, о чем свидетельствуют следующие признаки:

- прирост максимальных горизонтальных деформаций $\Delta\epsilon_{\max}=0,6$ мм/м;

- прирост максимальных горизонтальных сдвижений $\Delta\xi_{\max}=40$ мм;
- прирост максимального оседания $\Delta\eta_{\max}=28$ мм;
- прирост дополнительных оседаний – 4 мм.

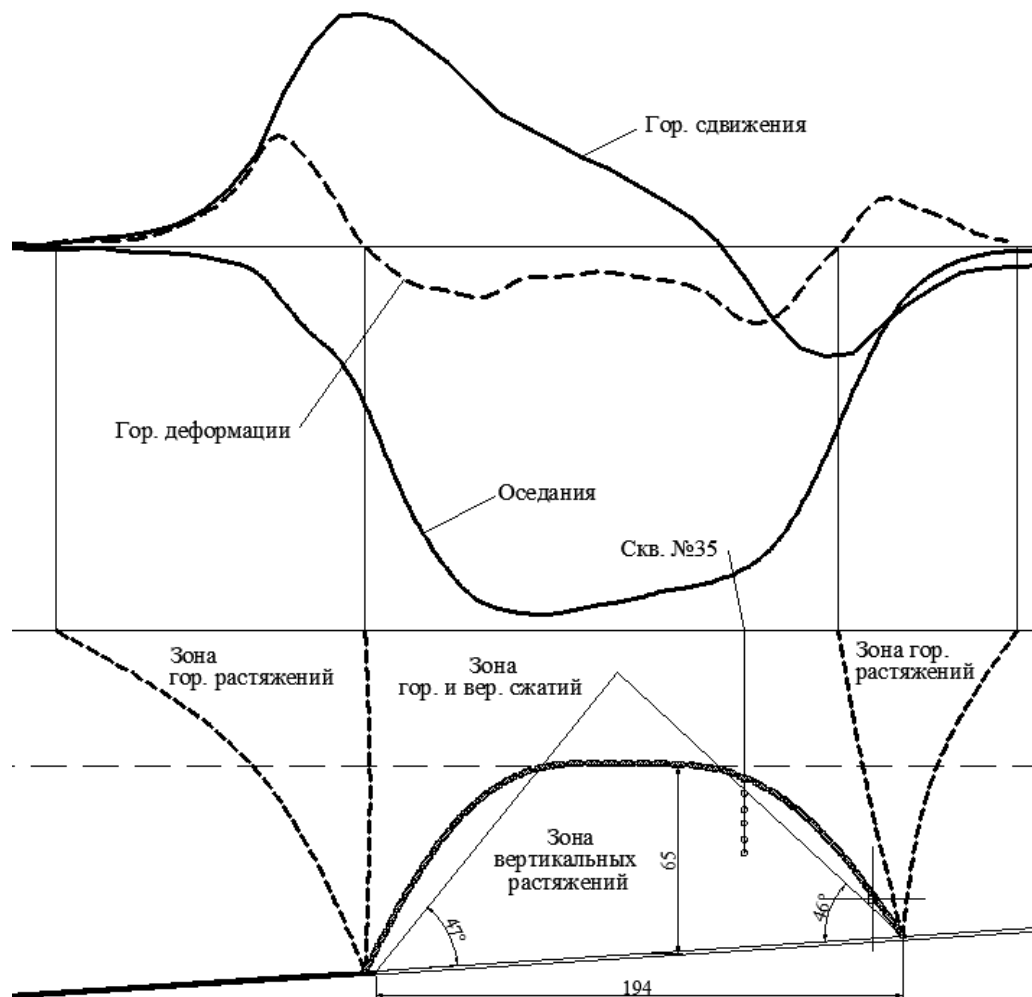


Рисунок 3 - Деформирование массива горных пород и земной поверхности при удалении очистного забоя на расстояние 194 м

Анализ деформаций интервалов между глубинными реперами указывает на то, что высота зоны вертикальных растяжений над выработанным пространством составляет около 65 м. Аналогичные размеры получены по станции №12, где та же высота составила около 60-65 м.

Несмотря на то, что зона полных сдвижений практически достигла земной поверхности, зона вертикальных растяжений имеет фиксированное удаление от плоскости пласта.

Выводы. Совместный анализ рассматриваемых зон (рис. 1-3) показал, что их границы над движущимся очистным забоем перемещаются параллельно самим себе (синхронно с движением очистного забоя). Область сдвижения горных пород над разрезной печью характеризуется увеличением её размеров при движении очистного забоя.

Анализ вертикальных и горизонтальных сдвижений и деформаций в полу-

мульдах над разрезной печью, над движущимся очистным забоем, над штреками и над линией остановки очистного забоя указывает на различный механизм сдвижения горных пород и земной поверхности. Об этом свидетельствуют следующие результаты исследований:

– максимальные горизонтальные деформации растяжения над разрезной печью на 31% превышают те же величины над штреками и на 64% над движущимся очистным забоем. Противоположная ситуация наблюдается по результатам анализа горизонтальных сжатий;

– земная поверхность и массив горных пород в направлении движения очистного забоя сдвигаются неравномерно. Преобладают горизонтальные смещения в плоском дне мульды в направлении движущегося очистного забоя. Их максимальная величина для всех рассмотренных горно-геологических условий в Западном Донбассе составила около 240 мм;

– в полумульде над разрезной печью зафиксированы дополнительные оседания, обусловленные выдавливанием горных пород в выработанное пространство под действием повышенного горного давления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мякенький, В.И. Расчет деформаций земной поверхности при равномерно движущемся забое / В.И. Мякенький // Проектирование и строительство угольных предприятий / Реф. сб. – М.: Недра, 1971. – № 3. – С. 76-83.
2. Медянцев, А.Н. Сдвижение и деформации горных пород в подрабатываемой толще / А.Н. Медянцев, В.И. Черняев // Уголь Украины. – 1961. – № 11. – С. 25–27.
3. Сдвижение горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений / А.Г. Акимов, В.Н. Земисев, Н.Н. Кацнельсон [и др.]. – М.: Недра, 1970. – 224 с.
4. Земисев, В.Н. Деформации пород в зоне опорного давления / В.Н. Земисев, А.Н. Давыдович // Сб. научн. тр. ВНИМИ. – 1968. – Сб. 68. – С. 314-327.
5. Земисев, В.Н. Определение напряжений в угольном пласте с учетом сдвижений земной поверхности / В.Н. Земисев // Сб. научн. тр. ВНИМИ. – 1975. – Сб. 96. – С. 33-40.
6. Кучин, А.С. Сдвижение массива горных пород в Западном Донбассе / А.С. Кучин // Проблеми гірського тиску. Збірник наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ. – 2011. – Вип.19 – С.38-61.

REFERENCES

1. Myakenkiy, V.I. (1971), "The calculation of ground deformation at the bottom uniformly moving", *Proektirovanie i stroitelstvo ugolnykh predpriyatiy*, no. 3, pp. 76-83.
2. Medyantsev, A.N. and Chernyaev, V.I. (1961), "Displacement and deformation of rocks in weal thicker", *Coal of Ukraine*, no. 11, pp. 25–27.
3. Akimov, A.G., Zemisev, V.N., Katsnelson, N.N. et al. (1970), *Sdvizhenie gornykh porod pri podzemnoy razrabotke ugolnykh i slantsevykh mestorozhdeniy* [Displacement of rocks in underground mining of coal and shale deposits], Nedra, Moscow, USSR.
4. Zemisev, V.N. and Davydovich, A.N. (1968), "Deformation of rocks in the area bearing pressure", *Sbornik nauchnykh trudov VNIMI*, vol. 68, pp. 314-327.
5. Zemisev, V.N. (1975), "Determination of stress in the coal seam given displacement earth surface", *Sbornik nauchnykh trudov VNIMI*, vol. 96, pp. 33-40.
6. Kuchin, A.S. (2011), "Displacement of the rock massif in the Western Donbass", *Problemy girskogo tysku*, vol.19, pp.38-61.

Об авторе

Кучин Александр Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры маркшейдери, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГБУЗ «НГУ»), Днепр, Украина, as_kuchin@mail.ru

About the author

Kuchin Aleksander Sergeevich, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Professor, Head of the Mine Surveying Department, State Higher Educational Institution "National Mining University" (SHEI "NMU"), Dnepr, Ukraine, as_kuchin@mail.ru.

Анотація. Метою даної статті є сумісний аналіз результатів спостережень за зрушенням земної поверхні і підроблюваного масиву. Рішення поставленої задачі виконувалося на основі результатів експериментальних спостережень за зрушенням земної поверхні і масиву гірських порід.

У статті виконаний аналіз зрушень і деформацій спостережної станції і спостережної свердловини, що закладені над гірничими роботами шахт Західного Донбасу. Дослідження поведінки гірського масиву і земної поверхні виконані для умов рухомого очисного вибою. В результаті досліджень встановлено якісні і кількісні закономірності зрушення слабометаморфизованих гірських порід.

Отримані закономірності дозволяють скорегувати існуючі схеми процесу зрушення масиву гірських порід, а також змінити підхід до аналізу горизонтальних зрушень і деформацій земної поверхні.

Ключові слова: зрушення, деформація, гірські породи, підробка, репер, свердловина.

Annotation. The purpose of this paper is a simultaneous analysis of the results of monitoring over the earth's surface subsidence and undermined rock mass movement. The solution of this task is based on the results of in-situ observations over the earth's surface subsidence and rock mass movement.

The paper analyses movement and deformation of a surface observation station and an observation borehole extensometer that were set up over the longwall panels of Western Donbass mines. A research of the behavior of the rock mass and the earth's surface was performed in conditions of the working longwall face. In the result of the research the qualitative and quantitative objective laws of slightly metamorphized rock mass movement are established.

The established laws allow for the correction of existing scheme of rock movement and for the changing of existing approach to analysis of earth's surface horizontal movement and strain.

Keywords: subsidence, strain, rock, undermining, benchmark, borehole extensometer.

Статья поступила в редакцию 19.11.2016

Рекомендовано к публикации д-ром технических наук Четвериком М.С.