

УДК 622.837:622.016.22.001.5

КУЛИБАБА С.Б. (УкрНИМИ)

СДВИЖЕНИЕ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД В ЗОНЕ ПОЛНЫХ СДВИЖЕНИЙ

Зоной полных сдвижений называют область подработанной части массива горных пород, расположенную над выработанным участком угольного пласта (а точнее — над зоной полного обрушения), ограниченную с определенной степенью приближения плоскостями, проведенными под углами полных сдвижений ψ_1 , ψ_2 и ψ_3 к пласту соответственно со сторон его падения, восстания и простириания. Выход этой зоны на земную поверхность при известных соотношениях размеров выработанного пространства, средней глубины разработки и угла падения пласта вызывает образование «плоского дна» в мульде сдвижения, что является условием полной подработки земной поверхности.

Характер сдвижения горных пород в зоне полных сдвижений определяется перемещением точек массива по нормали к напластованию, причем многие исследователи указывают на то, что при полной подработке земной поверхности увеличение размеров выработанного пространства не приводит к увеличению максимального оседания земной поверхности [1, 2]. Иными словами, предполагается, что в пределах зоны полных сдвижений векторы перемещения всех точек массива совпадают по величине и направлению. И, хотя этот принцип заложен в действующие нормативно-методические документы по расчету сдвижений и деформаций земной поверхности, целый ряд экспериментальных данных позволяет усомниться в его корректности.

Так, на рис.1 показан график оседаний земной поверхности в условиях шахты «Родинская» объединения «Красноармейскуголь» (наблюдательная станция № 185, фонды УкрНИМИ), где на участке между реперами 8 и 12 наблюдается плоский участок, что говорит о выходе на земную поверхность зоны полных сдвижений, образовавшейся над второй южной лавой пласта k_5 . Из рисунка видно, что этот плоский

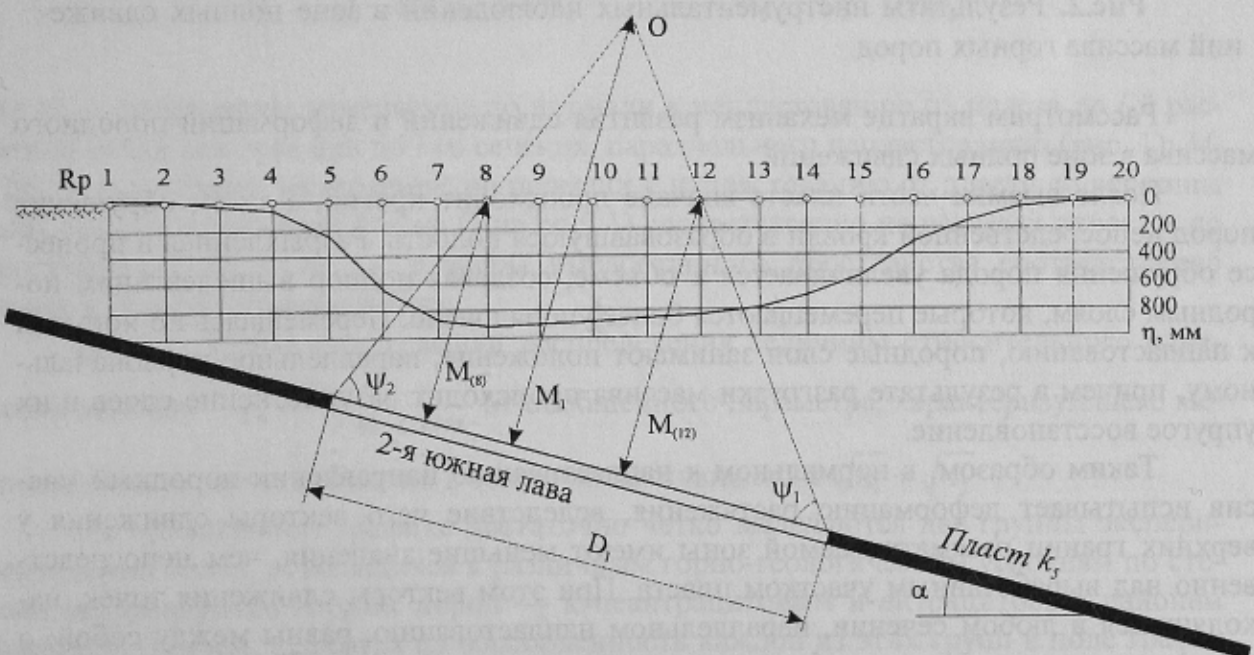


Рис. 1. Вертикальный разрез вкрест простириания пластов на наблюдательной станции № 185

участок негоризонтален: по мере приближения к выработанному пространству от репера Rp12 к реперу Rp8 оседание земной поверхности увеличивается от 850 мм до 919 мм. Следовательно, в пределах рассматриваемой зоны векторы сдвижения имеют различную величину.

На рис. 2 показан график оседаний глубинных реперов в скважинах на шахте «Волынская-Комсомольская» объединения «Торезантрацит», пробуренных из горной выработки пласта k_2^2 и попавших в зону полных сдвижений при отработке 3-й восточной лавы пласта k_2 . Из графика очевидно, что при приближении к выработанному пространству оседания породного массива возрастают.

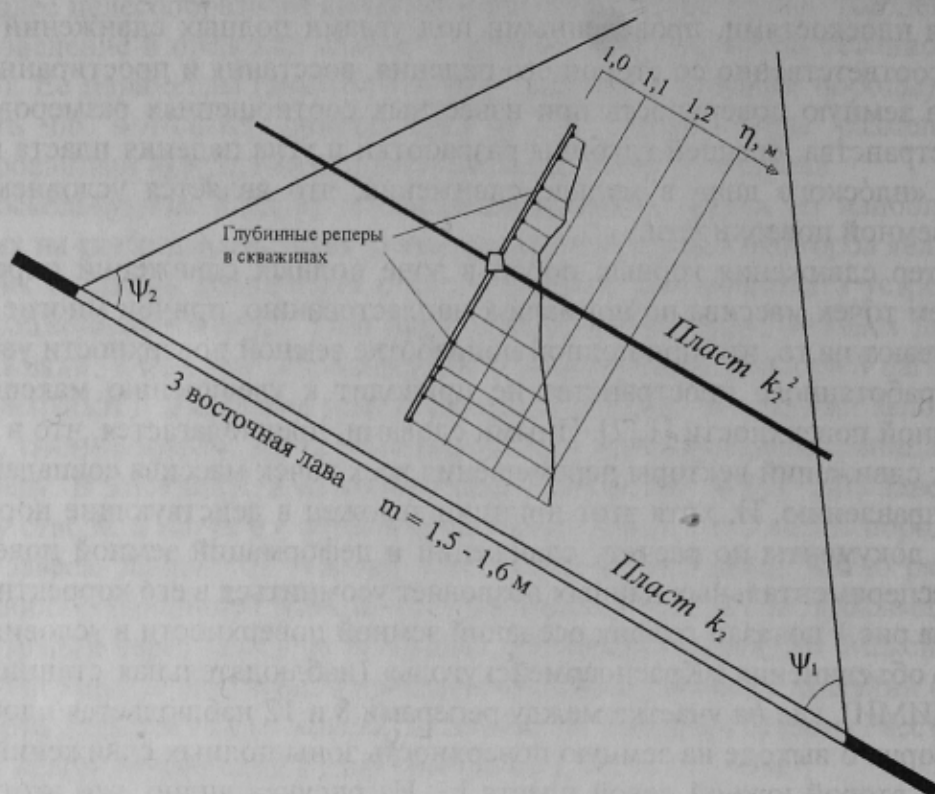


Рис.2. Результаты инструментальных наблюдений в зоне полных сдвижений массива горных пород

Рассмотрим вкратце механизм развития сдвижений и деформаций породного массива в зоне полных сдвижений.

После выемки части пласта вначале происходит прогиб, а затем обрушение пород непосредственной кровли в образовавшуюся полость. Разрыхленная в процессе обрушения порода увеличивается в объеме, создавая подпор вышележащим породным слоям, которые перемещаются более упорядочено. Перемещаясь по нормали к напластованию, породные слои занимают положение, параллельное первоначальному, причем в результате разгрузки массива происходит разуплотнение слоев и их упругое восстановление.

Таким образом, в нормальном к напластованию направлении породный массив испытывает деформацию растяжения, вследствие чего векторы сдвижения у верхних границ рассматриваемой зоны имеют меньшие значения, чем непосредственно над выработанным участком пласта. При этом векторы сдвижения точек, находящихся в любом сечении, параллельном напластованию, равны между собой, о чем говорит горизонтальная форма плоского дна мульды сдвижения при горизонтальном залегании пластов.

Экспериментальные исследования показывают, что разница в оседаниях массива у вершины зоны полных сдвижений и у пласта может достигать 30% вынимаемой мощности. И если при современных больших глубинах разработки угольных пластов этот факт практически не сказывается на точности расчета сдвижений земной поверхности, то при прогнозе деформаций породного массива в районе расположения горных выработок учет его необходим.

С целью установления параметров распределения оседаний массива горных пород в зоне полных сдвижений нами были проанализированы экспериментальные данные по 17-ти наблюдательным станциям из фонда УкрНИМИ (всего 42 экспериментальных точки в зонах полных сдвижений), оборудованным в разное время как на земной поверхности, так и в горных выработках. В таблице приведены перечень и основные характеристики этих наблюдательных станций.

Анализ экспериментальных данных позволил установить, что основными факторами, влияющими на величину вектора сдвижения массива в рассматриваемой зоне являются вынимаемая (эффективная) мощность разрабатываемого пласта, относительная удаленность расчетной точки от выработанного пространства разрабатываемого пласта и физико-механические свойства подрабатываемой толщи горных пород. При этом, учитывая объемность процесса, местоположение расчетных точек в зоне полных сдвижений должно определяться одновременно в обоих главных сечениях мульды сдвижения.

Выше было показано, что все точки подработанного породного слоя, а точнее, сечения, параллельного напластованию, в пределах зоны полных сдвижений перемещаются в одном направлении и на одинаковое расстояние. Поэтому для установления пространственного положения любой точки этой зоны относительно разрабатываемого пласта достаточно определить местоположение такого сечения.

Для этого введем параметры n_1 и n_2 , которые и будут определять это местоположение соответственно на вертикальных разрезах вкрест и по простиранию пласта:

$$n_1 = \frac{M_i}{M_1} = \frac{M_i}{D_1} \cdot \frac{\sin(\psi_1 + \psi_2)}{\sin \psi_1 \cdot \sin \psi_2} \leq 1, \quad n_2 = \frac{M_i}{M_2} = \frac{M_i}{D_2} \cdot \frac{2 \cos \alpha}{\operatorname{tg} \psi_3} \leq 1, \quad (1)$$

где M_i — расстояние, измеряемое по нормали к напластованию от пласта до i -й расчетной точки массива или до i -го сечения, параллельного напластованию (рис. 1); M_1 и M_2 — расстояния, измеряемые по нормали к напластованию от пласта до вершины зоны полных сдвижений (точка O на рис. 1) соответственно на разрезах вкрест и по простиранию; D_1 и D_2 — размеры выработанного пространства соответственно вкрест и по простиранию пласта.

На рис. 3 показаны графики распределения величины относительного сдвижения массива $q_n = \frac{\eta_n}{m \cdot \cos \alpha}$ от обобщенного параметра, характеризующего местоположение расчетной точки в зоне полных сдвижений $\sqrt{n_1} + \sqrt{n_2}$.

На приведенном графике достаточно четко выделяются две группы экспериментальных точек, относящихся к различным горно-геологическим условиям по степени метаморфизма горных пород — к неантрацитовым и антрацитовым районам Донбасса. Причем, несмотря на обособленность каждой из этих групп в поле графика, очевиден сходный характер распределения величин векторов сдвижения в пределах рассматриваемой зоны. Корреляционный анализ позволил установить уравнение регрессии, оптимально описывающее данное распределение точек на графике:

Таблица. Перечень и основные характеристики наблюдательных станций в зоне полных сдвижений

Объединение, шахта	№ наблюдательной станции	Число экспериментальных точек	Параметры подрабатывающего пласта			Местонахождение наблюдательной станции
			индекс	угол падения пласта α , градус	мощность m , м	
Селидовуголь, Новогородовка №2	141	1	k_8	17	1,05	Земная поверхность
Селидовуголь, Селидовская	-	1	l_3	8	1,40	То же
Краснодонуголь, Краснодарская №12	35	2	k_2	30	0,85	"
Красноармейскуголь, №38-40	49	1	l_7	15	1,14	"
Красноармейскуголь, №40 «Кураховка-Наклонная»	50	1	l_8	12	1,10	"
Боковантрацит, №1-1 бис	7	2	k_5^1	5	0,75	"
Чистьяковантрацит, №3 «Россыпнянская»	179	1	h_{10}	47	0,85	"
Торезантрацит, Волинская-Комсомольская	-	12	k_2	31	1,55	Скважины №№1 и 2 из штрека
Донецкуголь, им.Горького	112	1	l_8^1	12	0,75	Земная поверхность
Красноармейскуголь, Родинская №1	185	4	k_5	15	1,07	То же
Донецкуголь, Южно-Донбасская №1	-	2	c_{11}	2	1,45	Земная поверхность
Торезантрацит, «Червона Зірка»	-	6	k_1	6	0,60	Наклонный квершлаг
Селидовуголь, Новогородовка №1	-	1	k_8	10	0,93	Земная поверхность
Лисичанскуголь, Кременная	72	1	k_8	15	1,39	То же
Первомайскуголь, «Радуга»	-	1	l_6	21	0,85	"
Красноармейскуголь, им. Димитрова	13	1	l_1	9	1,10	"
Торезантрацит, «Заря»	-	4	k_6	19	1,04	Квершлаг

$$q_n = a_0 \cdot e^{a_1(\sqrt{n_1} + \sqrt{n_2})^2}, \quad (2)$$

где q_n — относительное сдвигение любой точки массива в зоне полных сдвижений; a_0 и a_1 — эмпирические коэффициенты, учитывающие степень метаморфизма вмещающих горных пород; для неантрацитовых районов Донбасса эти коэффициенты равны соответственно 0,960 и минус 0,067, для антрацитовых — 0,873 и минус 0,098.

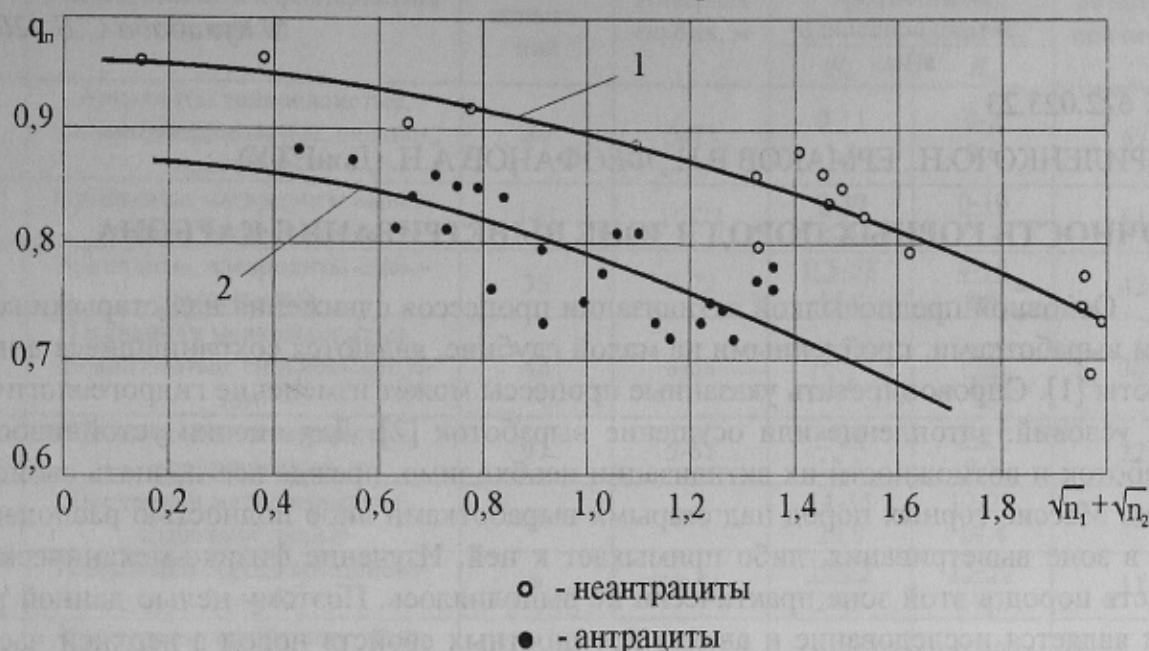


Рис.3. Графики распределения сдвижений массива в зоне полных сдвижений

Графики кривых 1 и 2 уравнения регрессии (2) на рис. 3 описывают условия соответственно неантрацитовых и антрацитовых районов Донбасса. Анализируя их распределение, можно отметить ряд характерных особенностей, которые следует учитывать при охране вертикальных шахтных стволов и технических скважин в условиях влияния очистных выработок. Так, максимальные относительные деформации растяжения массива по нормали к напластованию в зоне полных сдвижений следует ожидать у ее верхних границ, причем наибольшие значения этих деформаций будут наблюдаться при неполной подработке земной поверхности и квадратной конфигурации основания этой зоны (т.е. выемочного участка) при прочих равных условиях. Кроме того, несмотря на меньшие по величине сдвигения в антрацитовых районах, относительные деформации растяжения здесь превышают такие же деформации в районах с более слабыми породами в сходных условиях.

Как видно из графиков, применяемые в настоящее время значения относительных максимальных оседаний q_0 для расчета сдвижений и деформаций земной поверхности являются лишь частными случаями, характеризующими некоторые усредненные условия. Так, согласно «Правилам охраны...» [3], величина q_0 для районов залегания углей марок А и ПА Донбасса принимается равной 0,75, а для районов залегания неантрацитовых углей — 0,80 и 0,85 в зависимости от марок углей и относительной мощности наносов.

На основе приведенных здесь результатов разработана методика прогноза сдвижений и деформаций подрабатываемого массива горных пород [4].

Библиографический список

1. Сдвигение горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений / Акимов А.Г., Земисев В.Н., Кацнельсон Н.Н. и др. — М.: Недра. 1970. — 488 с.
2. Основы механики горных пород / Турчанинов И.А., Иофис М.А., Каспарьян Э.В. — М.: Недра, 1989. — 488 с.

3. **Правила** охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. — М.: Недра, 1981. — 288 с.

4. Кулибаба С.Б. Прогноз сдвижений и деформаций подрабатываемого породного массива // Уголь Украины, 2000. — № 1. — С. 41–43.

© Кулибаба С.Б., 2002

УДК 622.023.23

ГАВРИЛЕНКО Ю.Н., ЕРМАКОВ В.Н., ФЕОФАНОВ А.Н. (ДонНТУ)

ПРОЧНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД В ЗОНЕ ВЫВЕТРИВАНИЯ КАРБОНА

Основной предпосылкой активизации процессов сдвижения над старыми горными выработками, пройденными на малой глубине, являются сохранившиеся в них пустоты [1]. Спровоцировать указанные процессы может изменение гидрогеологических условий: затопление или осушение выработок [2]. Для оценки устойчивости выработок и возможности их активизации необходимо, прежде всего, знать свойств пород. Массив горных пород над старыми выработками либо полностью располагается в зоне выветривания, либо примыкает к ней. Изучение физико-механических свойств пород в этой зоне практически не выполнялось. Поэтому целью данной работы является исследование и анализ прочностных свойств пород в верхней части карбона, их изменения с глубиной и при увлажнении.

Для этих целей были использованы материалы инженерно-геологических исследований вдоль трассы строительства Донецкого метрополитена в Пролетарском, Буденовском, Калининском и Ворошиловском районах. Буровые работы и лабораторные исследования физико-механических свойств пород выполнялись Донецким филиалом УкрвостокГИИТИЗа в 1987–1990 гг. Всего было пробурено 21 скважина. Участок исследований характеризуется пологим залеганием пород с углами падения от 10 до 18°. Отложения карбона, включающие, в основном, пласты марки углей К, перекрыты наносами мощностью от 2,5 до 15–20 м. Зона активного выветривания распространяется до глубины 50–85 м. Интервал глубин, с которых были отобраны образцы для определения физико-механических свойств, составляет от 5 до 87 м. Таким образом, исследована практически вся зона выветривания.

Все отобранные и испытанные образцы пород были сгруппированы по типам пород, по степени выветрелости и степени трещиноватости. Всего к анализу приняты 8 групп пород, которые условно названы слоями (табл. 1).

Первые три группы (слоя) представляют глинистые разновидности пород. Следующие три группы — это различные состояния песчаников. Седьмая группа — известняки, содержание которых в массиве относительно невелико, а мощности на участке исследований составляют 3–4 м. Особо следует остановиться на породах, включенных в слой 20. Это алевролиты, аргиллиты и песчаники, извлеченные из зон тектонических нарушений. Известно, что зоны тектонических нарушений представляют собой зоны повышенной трещиноватости или широкие трещины с глинистым заполнителем. В таких зонах снижается прочность даже для малых обломков пород. Исследования пород этой группы выполнялось для отдельных относительно прочных кусков керна.