

УДК 25.00.20

**Н.Н. Щедрина**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА  
СДВИЖЕНИЯ ДЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ «С НЕИЗУЧЕННЫМИ  
ИЛИ НЕДОСТАТОЧНО ИЗУЧЕННЫМИ  
ХАРАКТЕРАМИ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ»**

*Рассмотрено определение граничных углов и углов полных сдвижений для месторождений полезных ископаемых с неизученными или недостаточно изученными характеристиками процессов сдвижения.*

*Ключевые слова: зависание, граничный угол, угол полных сдвижений.*

---

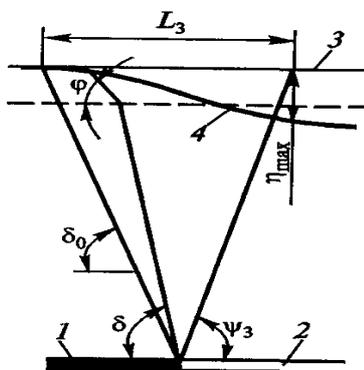
**В** настоящее время существует ряд месторождений, где в очень узком диапазоне рассмотрены параметры процессов сдвижения массивов горных пород, необходимые для определения границ зон опасного влияния подземных разработок и мер по охране сооружений. Согласно «Правилам охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок» [1] эти месторождения относят к неизученным или недостаточно изученным по характеру сдвижения массивов горных пород. Примером таких неизученных месторождений может служить целый ряд месторождений, в том числе и Гремячинское месторождение калийных солей. Разрабатывать указанные месторождения предполагается подземным способом до глубин свыше 1000 м в сложных и малоизученных геомеханических условиях. Поэтому, для безопасной разработки данных месторождений необходимо определять параметры сдвижения горных пород и земной поверхности уже на данной (начальной) стадии освоения месторождений, включая граничные углы, углы полных сдвижений.

Под сдвижением горных пород и земной поверхности понимают их перемещение и деформирование в результате нарушения равновесия пород под влиянием горных разработок [2].

При разработке месторождения сдвижение пород начинается обычно с провисания кровли выработок, пройденных по пласту или залежи полезного ископаемого. По мере увеличения площади выработанного пространства прогиб пород растет, в сдвижение вовлекается все большее число слоев, происходит сдвиг слоев пород по плоскостям напластования. Часть породного массива, подвергшаяся сдвижению под влиянием горных разработок, принято называть областью сдвижения горных пород, а соответствующую часть земной поверхности – мульдой сдвижения (рис. 1).

Границы мульды сдвижения определяются граничными углами и углами полных сдвижений.

**Граничные углы** - внешние относительно выработанного пространства углы, образованные на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды сдвижения горизонтальными линиями и линиями, соединяющими



**Рис. 1. Главное сечение мульды сдвижения по простиранию пласта:** 1 - полезное ископаемое; 2 - выработанное пространство; 3 - земная поверхность до подработки; 4 - мульда сдвижения;  $\psi_3$  - угол полных сдвижений.  $\delta_0$  - граничный угол

границу выработки с границей зоны влияния горных работ на земной поверхности.

**Углы полных сдвижений** - внутренние относительно выработанного пространства углы, образованные на вертикальных разрезах линиями, (по главным сечениям мульды) соединяющими границы выработки с границами плоского дна мульды сдвижения [1].

Граничные углы и углы полных сдвижений зависят, главным образом, от физико-механических свойств горных пород, слагающих массив над разрабатываемым пластом (чем породы прочнее, тем граничные углы круче).

Согласно «Правилам охраны...» [1] принята классификация месторождений в зависимости от коэффициента крепости пород  $f$  и угла сдвижения  $\delta$ , которая была дополнена сотрудниками ИПКОН РАН с учетом значения граничного угла  $\delta_0$  [3].

Поскольку при разработке месторождения сдвижение пород будет сопровождаться зависанием кровли выработок, то угол полных сдвижений, по мере продвижения лавы будет из-

меняться. На начальном этапе освоения угол полных сдвижений ( $\angle COD$ ) (рис. 2) не проявляет зависимости от коэффициента крепости горных пород. Зависимость угла полных сдвижений от физико - механических свойств горных пород проявится только при полной подработке ( $\angle CED$ ), когда образуется плоское дно мульды сдвижения. Для месторождений «с неизученными или недостаточно изученными по характеру сдвижения массивов горных пород», которые находятся на начальном этапе освоения, для безопасной разработки месторождений необходимо установить зависимость угла полных сдвижений  $\psi$  от коэффициента крепости горных пород. Для нахождения данной зависимости необходимо найти расстояние  $OE$ .

Рассмотрим прямоугольный треугольник  $\triangle CDO$  :

$$OD = H \operatorname{ctg} \psi_{\phi} \quad (1)$$

$$\operatorname{ctg} \psi_{\phi} = \frac{OD}{CD} = \frac{OD}{H}$$

Рассмотрим прямоугольный треугольник  $\triangle CDE$  :

$$ED = H \operatorname{ctg} \psi_p \quad (2)$$

$$\operatorname{ctg} \psi_p = \frac{ED}{CD} = \frac{ED}{H}$$

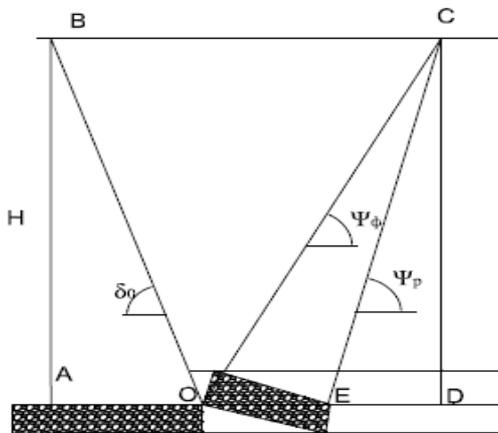
$$OE = OD - ED \quad (3)$$

Подставив выражения (1) и (2) в выражение (3) получим:

$$OE = H \operatorname{ctg} \psi_{\phi} - H \operatorname{ctg} \psi_p = \quad (4)$$

$$= H(\operatorname{ctg} \psi_{\phi} - \operatorname{ctg} \psi_p) = H(\operatorname{ctg} \psi_{\phi} - \operatorname{ctg} \delta_0)$$

Получив выражения (4), мы можем определить возможный прогиб кровли выработки при начальных этапах разработки месторождения, что раньше возможно было сделать только при полной подработке.



**Рис. 2. Определение зависания кровли выработки при разработке месторождения:**  $\psi$  – угол полных сдвижений;  $\delta_0$  – граничный угол.

Стоит отметить, что при продвижении забоя длина зависания  $OE$  будет уменьшаться в два раза (рис. 3)

$$\frac{OE}{2} = O^*E^* \quad (5)$$

Это обуславливается тем, что при первых этапах разработки слой пород проявляет себя как балка, защемленная с двух сторон, поэтому размер зависания будет определяться из выра-

жения (4). По мере продвижения забоя двусторонний зажим сменяется консольным, т.е. с одной жестко фиксированной опорой, поэтому размер зависания будет определяться из выражения (5). Все выше сказанное обосновывает, почему граничный угол  $\delta_0$  больше, чем граничный угол  $\delta_0^*$ , который будет меньше (рис. 3).

Определив зависание  $OE$  на начальном этапе разработки месторождения и зная, что по мере продвижения лавы зависание  $OE$  будет уменьшаться в два раза, мы можем определить граничный угол  $\delta_0^*$  и угол полных сдвижений  $\psi_\phi$ .

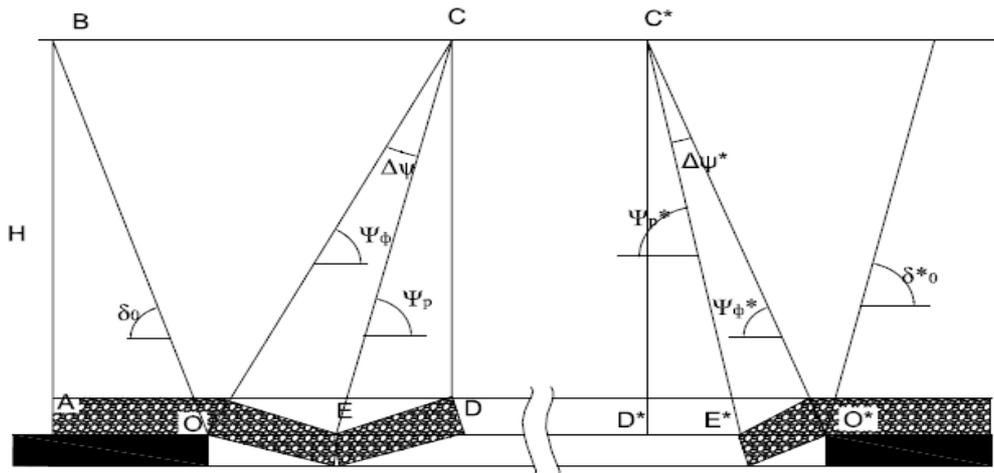
Рассмотрим прямоугольные треугольники  $\Delta C^*D^*E^*$  и  $\Delta C^*D^*O^*$ :

$$ctg\psi_p^* = \frac{D^*E^*}{CD} = \frac{D^*E^*}{H} \quad (6)$$

$$D^*E^* = \frac{DE}{2} \quad (7)$$

Подставив выражения (7) в выражение (6) получим:

$$ctg\psi_p^* = \frac{(DE/2)}{H} \quad (8)$$



**Рис. 3. Изменение углов  $\delta_0$  и  $\psi$  при зависании кровли выработки по мере продвижения забоя**

Зависание ОЕ, м $H(\operatorname{ctg}\psi_{\phi} - \operatorname{ctg}\psi_{p})$	граничные углы, градусы		Углы полных сдвижений, градусы	
	$\delta_0$	$\delta_0^*$	$\Psi_{\phi}$	$\Psi_{\phi}^*$
В зависимости от $f$	$\operatorname{ctg}\left(\frac{DE/2}{H}\right)$		$\psi_p - \Delta\psi$	$\operatorname{ctg}\left(\frac{DO/2}{H}\right)$

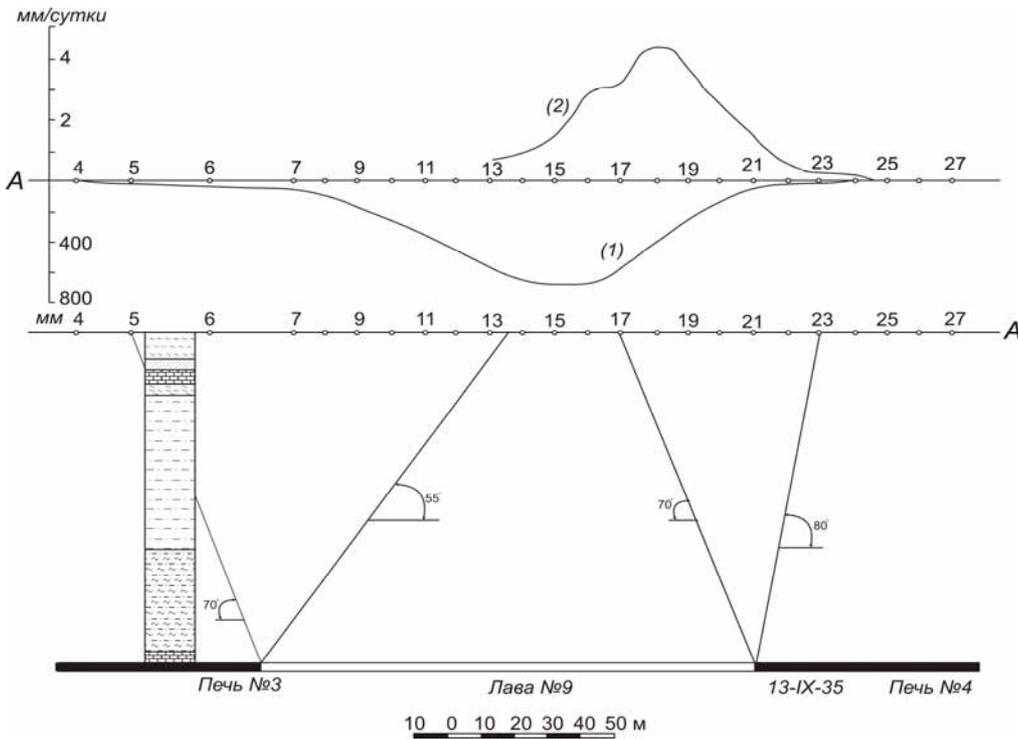


Рис. 4. Граничные углы  $\delta_0$  и  $\delta_0^*$  Донецкого бассейна шахты «Нежданная»

Наименование шахт	Граничный угол, град.	Углы полных сдвижений, градусы			Глубина, м	Зависание, м	Зависание, м	Углы полных сдвижений, градусы		Граничный угол, град.
		$\Psi_{\phi}$	$\Psi_p$	$\Delta\psi$				$\Psi_{\phi}^*$	$\Psi_p^*$	
Донецкий бассейн шахта «Нежданная»	70	55	70	15	110	37	18.5	71	79	79

$$\operatorname{ctg}\psi_{\phi}^* = \frac{D^*O^*}{CD} = \frac{(DO/2)}{H} \quad (9)$$

Таким образом, углы  $\delta_0$ ,  $\psi$  для месторождений «с неизученными или недостаточно изученными по харак-

теру сдвижения массивов горных пород» будут определяться по следующим выражениям:

Примером может служить ряд месторождений [4, 5], в том числе и Донецкий бассейн шахта «Нежданная» (рис. 4).

#### **Выводы**

1. Определена формула возможного зависания слоя пород при начальном этапе разработки.

2. Сделано обоснование того, что граничный угол на момент начального этапа разработки больше, чем (нежели) на момент окончания разработки.

3. Выведены формулы для определения углов полных сдвижений и граничных углов на момент начального этапа разработки и на момент окончания разработки.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. «Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок». – М.: Недра, 1981.

2. Викторов С.Д., Иофис М.А., Гончаров С.А. Сдвижение и разрушение горных пород». – М.: Наука, 2005, с 18.

3. Есина Е.Н. Развитие методов геомеханического обеспечения скважинной

гидродобычи угля: 25.00.20/ УРАН ИПКОН РАН – 2010, с.11.

4. «Сдвижение горных пород и земной поверхности». – М.: УГЛЕТЕХИЗДАТ, 1958, –С. 26/42.

5. Авершин С.Г. «Сдвижение горных пород при подземных разработках». – М.: УГЛЕТЕХИЗДАТ» 1947. – С.140.

**ГИАБ**

#### **КОРОТКО ОБ АВТОРЕ**

Шедрина Н.Н. – УРАН Институт проблем комплексного освоения недр РАН, shedrinanat@mail.ru



#### **ДИССЕРТАЦИИ**

#### **ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ**

<b>Автор</b>	<b>Название работы</b>	<b>Специальность</b>	<b>Ученая степень</b>
<b>МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ</b>			
ТОЛМАЧЁВ Артём Геннадиевич	Экономическое обоснование развития предприятий россыпной золотодобычи на основе формирования системы проектного финансирования	08.00.10	к.э.н
ХЕЧУМОВ Артём Андреевич	Комплексная эколого-экономическая оценка деятельности угольной компании по добыче энергетических углей	08.00.05	к.э.н