

а) очистка скважины буровым станком до забоя, установка НКТ, удаление воды с помощью компрессора и периодическая их осушка по мере заполнения водой;

б) очистка скважин буровым станком до забоя, углубление скважины диаметром 93...76 мм на 10...20 м ниже отработанного пласта с обсадкой углубленного интервала перфорированной трубой. В случае, если после очистки и углубки скважина не будет осушена, необходимо выполнить ее осушку на максимально возможную глубину.

УДК 622.834:622.411.332.023.623

М.С. Четверик, Е.В. Андрощук

СДВИЖЕНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕ В ГЛУБОКИХ ШАХТАХ

Викладена геомеханічна модель зсунення земної поверхні, масиву газонасичених гірських порід при вийманні вугілля на великих глибинах. З урахуванням швидкості переміщення очисного вибою та визначеної швидкості розвитку деформацій по площині зсунення встановлена зона розшарування гірських порід, яка розділяє підроблений масив: нижній – зсунення блоками, верхній – плавне опускання. Накопичений газ при опусканні верхньої зони витісняється в робочий простір шахти і постійно ступінчато підвищується при вийманні вугілля. Приведена методика визначення тривалості процесу зсунення.

DISPLACEMENT THE TERRESTRIAL SURFACE, THE FILE OF ROCKS AND THEIR INFLUENCE ON GAS EVOLUTION IN DEEP MINES

The geomechanical model displacement a terrestrial surface, a file of the gas-sated rocks is stated at dredging coal on the big depths. In view of speed of moving clearing face and the calculated speed of development of deformations on a plane displacement the zone of stratifications of rocks which divides underdevelopment a file is established: bottom - displacement blocks, top - smooth lowering. The saved up gas at subsidence of the top zone is superseded in the produced space of mine (shaft) and constantly in steps increased at dredging coal. The technique of definition of duration of process displacement is given.

Сдвигение подработанного массива горных пород и земной поверхности является одним из основных факторов влияющих на выделение метана в подземные выработки и на поверхность, повышенное оседание земной поверхности в связи с дегазацией геологической толщи. Знание закономерностей образования, скорости развития и смыкания газопроводящих трещин, места образования коллекторов газа, зависимость параметров трещин от параметров сдвигения, а также от параметров очистных работ позволяют принять рациональные технические решения. За газопроводящие (эксплуатационные) трещины принимаем зоны деформаций растяжения (расширения) динамической мульды, которые образуются при сдвигении подработанного массива горных пород. В зоне деформаций растяжения наблюдается падение давления, содержащегося в пласте газа и интенсивное газовыделение [1].

При выемке угля на больших глубинах процесс сдвигения подработанного массива горных пород происходит циклично, блоками и плавным опусканием

поверхности. Рассмотрим геомеханическую модель сдвижения подработанного массива горных пород и земной поверхности при выемке угля на глубине более 1000 м (рис. 1). При этом воспользуемся основным положением теории о динамической мульде сдвижения, которое заключается в том, что в процессе перемещения очистного забоя деформации растяжения, которые наблюдались в данной точке, сменяются деформациями сжатия [2,3]. Это положение подтверждено многими инструментальными наблюдениями на земной поверхности и в шахте. После сдвижения подработанного блока 1 (рис. 1) при определенной скорости перемещения очистного забоя образовалась зона расслоений 4. Наличие зоны расслоений 4 и зоны растяжений 2 привело к образованию консоли 5. При изгибе консоли 5 в зоне 6 по линии СД развивается зона растяжений. В дальнейшем при сдвижении блока 5 зона растяжений 2 сменяется зоной сжатий.

Оседание блоков 1 и 5, наличие зоны расслоений 4 приводит к образованию блока 7 и зоны растяжений 8. Оседание блока 7 приводит к образованию зоны расслоений 9. Затем, исходя из тех же условий, образуются и выше лежащие блоки. Каждый выше лежащий блок больше по размерам нижележащего. Это обусловлено образованием зоны расслоений большей протяженности (над несколькими блоками).

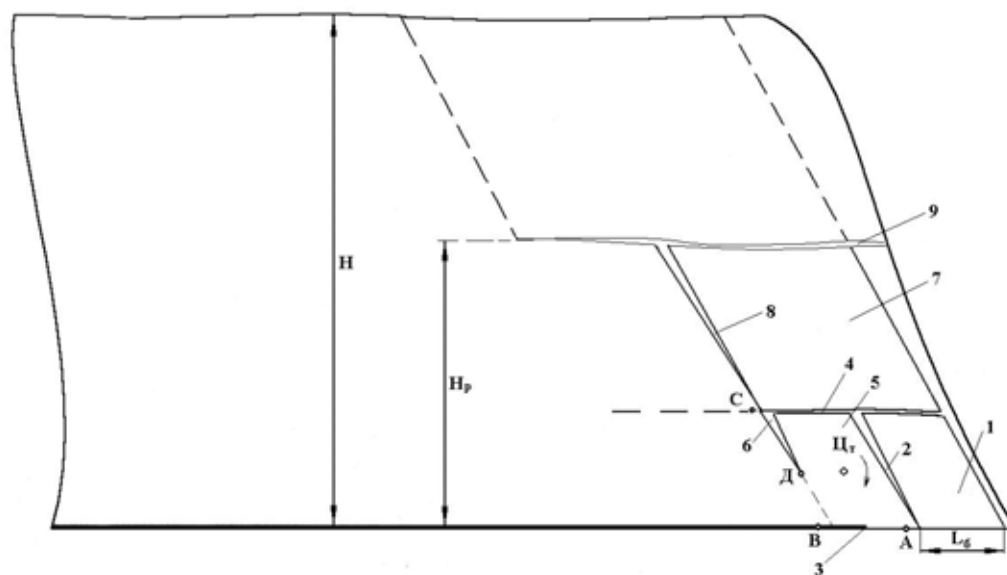


Рис 1 – Сдвижение горных пород и земной поверхности при выемке угля на больших глубинах

В то время, когда очистной забой 3 перемещается, например из точки А в В (см. рис. 1), то в то же время зона деформаций растяжения перемещается в массиве горных пород по плоскостям сдвижения, например 2 и 8. Высота (от почвы пласта) до которой может развиваться зона деформаций растяжения, не переходя в зону деформаций сжатий, определяется по нами установленной зависимости

$$H_p = \frac{2 \cdot L}{V_3} V_d \cdot \sin \omega, \text{ м} \quad (1)$$

где L – шаг обрушения основной кровли (длина блока), м; V_3 – скорость подвигания очистного забоя, м/сут; V_d – скорость развития деформаций по плоскости сдвига, м/сут; зависит от степени метаморфизма пород; ω – угол естественного сдвига массива горных пород, градус. Определяется по формуле

$$\omega = \arcsin \frac{H}{\sqrt{H^2 + \left(L_n + \frac{H}{\operatorname{tg}\gamma} - L \right)^2}}, \text{ град.} \quad (2)$$

где H – глубина ведения очистных работ, м; L_n – расстояние от разрезной печи до забоя, при котором начинается процесс сдвига, м; γ – граничный угол динамической мульды сдвига, град.

Высоту, на которой в массиве затухают деформации растяжения, постепенно переходя в сжатия, принимаем как зону расслоения массива между блочным сдвигом и плавным опусканием.

В соответствии с изложенной геомеханической моделью рассмотрим процесс сдвига земной поверхности и газонасыщенного массива горных пород, а также возможный процесс газовыделения в очистные выработки применительно к условиям работы шахты им. Засядько. Для этого используем инструментальные наблюдения за сдвигом земной поверхности [4], а также экспериментальные измерения газовыделения в очистном забое и участке [5], проведенные на этой же шахте.

На рисунке 2 представлен схематический разрез подвигания очистного забоя 14-й западной лавы, а также положение реперов на поверхности и основные параметры сдвига (динамический угол сдвига, положения забоя при начальной и активной стадии процесса сдвига).

Земная поверхность и массив горных пород подработаны ранее при выемке на глубине 500-550 м пласта π_1 мощностью 1,2-1,5 м.

Инструментальные измерения оседания земной поверхности проводили на наблюдательной станции, которая состояла из линии реперов, и на группе, расположенных в подрабатываемом сооружении. Реперы наблюдательной станции расположены параллельно линии забоя, удалены от проекции разрезной печи на 250 м, что составляет $0,2H$. Характерным является репер 8.

Группа реперов в сооружении на удалении от проекции разрезной печи на 670 м или $0,55H$. Характерным является репер 1.

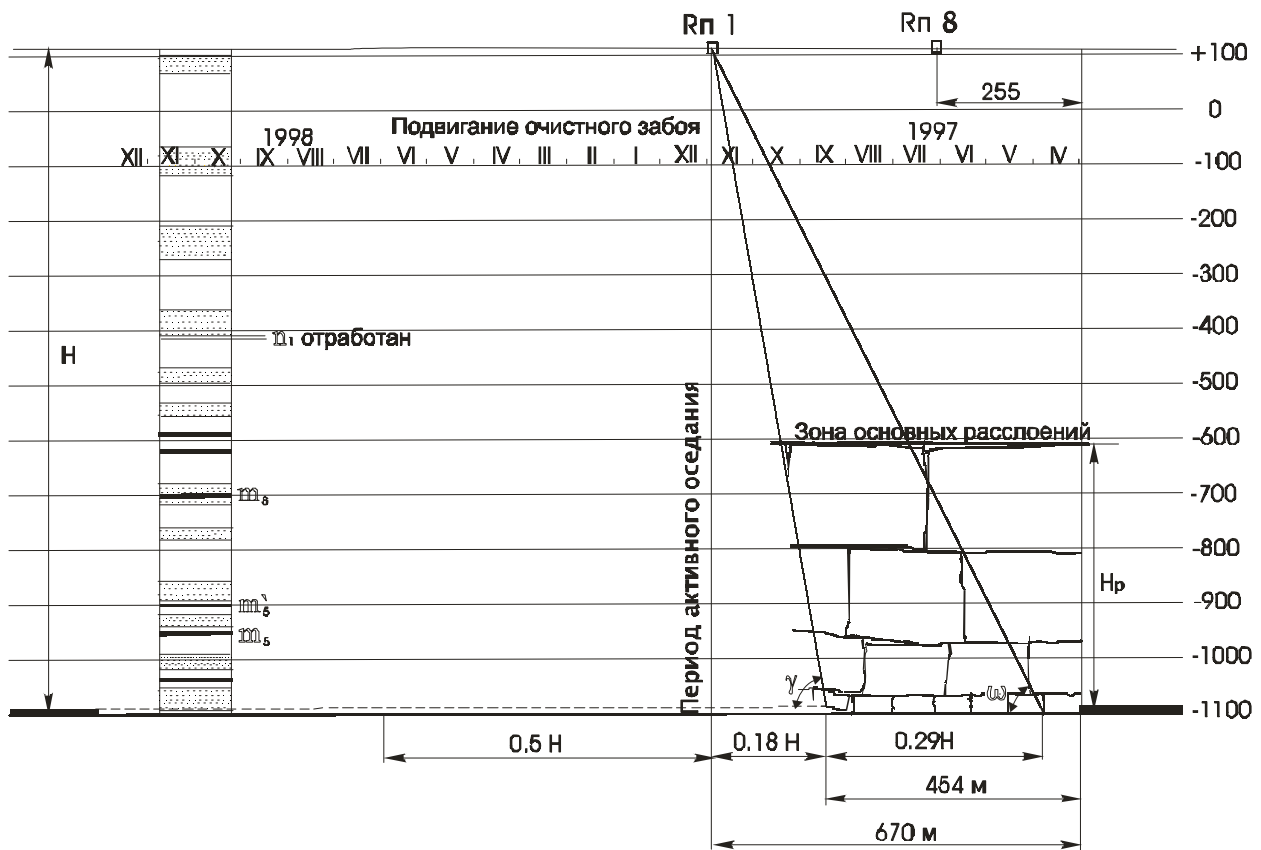


Рис 2 – Схема сдвижения массива горных пород и земной поверхности по шахте им. А.Ф. Засядько

Горнотехнические параметры следующие:

- глубина разработки, м	1195
- вынимаемая мощность пласта, м	2,1
- угол падения пласта, градус	10
- длина лавы, м	250
- среднемесячное подвигание забоя	90
м/сутки	3
- крепость пород по Протодяконову, f	5-10
- длина обрушаемого блока, м	60

Характеристика процесса сдвижения.

1. Репер № 8 стал активно оседать при отходе от разрезной печи на 255 м (при расположении забоя в створе репера). На интенсивность его оседаний повлияло примыкающее к нему ранее выработанное пространство.

2. Наиболее представительными являются данные о сдвижении репера 1:
 – при расположении забоя на расстоянии $0,18H$ от створа репера не зафиксировано его оседание; с этого момента определяют динамический угол сдвижения, равный 80° ;
 – оседание репера 1 началось на 3,85 месяца позже оседания репера 8;
 – активная стадия начинается также как и 8 репера, в период расположения забоя в створе репера 1;

– активная стадия заканчивается через 0,5Н от створа репера.

Сначала определяем высоту расположения зоны основных расслоений подработанного массива исходя из соотношения скорости подвигания очистного забоя и скорости развития деформаций по плоскости сдвижения. Применительно к данному очистному забою:

- шаг обрушения основной кровли $L=60$ м;
- скорость подвигания очистного забоя $V_3=3$ м/сут;
- скорость развития деформаций по плоскости сдвижения для пород средней степени метаморфизма может быть 10-15 м/сут. В данном случае $V_\delta =13,1$ м/сут;
- угол естественного сдвижения $\omega=69^\circ$

$$H_p = \frac{2 \cdot 60}{3} \cdot 13,1 \cdot \sin 69^\circ = 487 \text{ м.}$$

Эта высота определяет зону основных расслоений массива горных пород при данной скорости подвигания очистного забоя или плоскость ограничивающая по вертикали блочное сдвижение подработанной геологической толщи от плавного оседания.

Оседание репера 1 при динамическом угле сдвижения γ можно объяснить тем, что размеры блоков вверх над выработанным пространством постепенно увеличиваются, образуя в дальнейшем зону расслоений (см. рис. 2). Поскольку скорость перемещения забоя может быть неравномерной и скорость развития деформаций по плоскости сдвижения также изменяется в некоторых пределах, то глубину расслоений можно принять 750-800 м от поверхности.

Из изложенного и приведенной на рис. 2 схемы следует, что сдвижение блоками и плавное опускание массива горных пород будут приводить к двум характерам газовыделения.

Первый заключается в том, что в процессе подрабатывания в очистном забое газовыделение будет увеличиваться, а затем после обрушения блока резко снижаться.

Второй – состоит в том, что при перемещении забоя и смене деформаций растяжения деформациями сжатия, а также при послойном опускании блоков и плавном оседании лежащего над зоной расслоений массива горных пород (см. рис.2), газ метан вытесняется из трещин, зон расслоений и поступает в выработанное пространство и горные выработки, включая и забой. Поэтому загазованность глубоких горизонтов с отработкой столба будет повышаться. Изложенное подтверждается следующими экспериментальными данными [5].

Как следует из рисунка 3 наряду с циклическим повышением 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 сжатия и геологическая толща полностью оседает, то происходит перемещение метана из зоны расслоения через раскрытые трещины в забой. Через зону сжатий (деформации сжатия в 1,2-1,6 раза выше деформаций растяжения) 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 его доработке.

При циклическом блочном послойной сдвигении подработанного массива горных пород максимальное газовыделение происходит при максимальных деформациях растяжения, т.е. максимально раскрытых трещинах. Ее величину e_m над забоем можно определить по формуле

$$e_m = g \cdot m \cdot \sin \alpha \cdot \sin \omega \quad (3)$$

где m – вынимаемая мощность пласта, м; α – угол падения пласта, градус; g – коэффициент, учитывающий влияние глубины.

Для условий шахты им. Засядько ширина максимальной газопроводящей трещины составит 0,3-0,4 м.

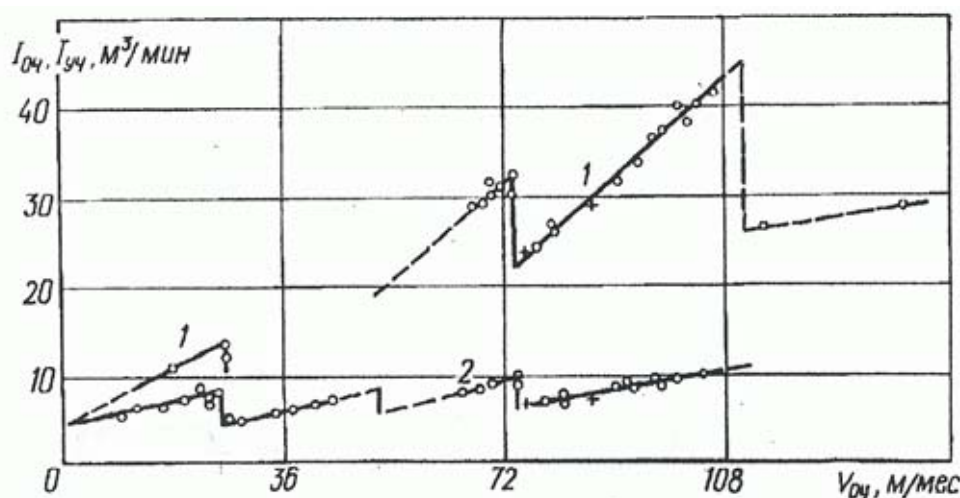


Рис 3 - Графики зависимостей абсолютной газообильности участка (по Петрову В.В., Бобрышеву В.В. и др.): 1 – по участку; 2 – в очистном забое.

Сдвигение массива горных пород блоками подтверждается циклическим изменением газообильности очистных забоев. На основании специально поставленных инструментальных наблюдений было установлено, что в очистном забое газообильность изменяется циклично: возрастает до максимума, а затем резко снижается (см. рис. 3). Выемочные работы проводились на глубине 1200 м.

Максимальные по величине и по продолжительности расположения над забоем деформации растяжений будут при образовании консоли защемления и повышенном давлении на призабойную часть. С другой стороны консоли происходит интенсивное образование трещин и развитие деформаций растяжения в плоскости сдвигения. Максимальное газовыделение приходится перед моментом обрушения блока (при наибольшей длине консоли и максимальной величине деформаций растяжения). По мере подработывания очередного блока геологической толщи происходит постепенное увеличение газообильности участка

до критического значения, которое наступает при прохождении забоем расстояния, равного длине обрушаемого блока.

Изложенная геомеханическая модель сдвижения, экспериментальные исследования газовыделения подтверждаются продолжительностью процесса сдвижения, которая устанавливается исходя из теоретических представлений о скорости развития деформаций в горном массиве и скорости оседания поверхности.

На основании проведенных нами исследований продолжительность процесса сдвижения определяется по формуле

$$T = \frac{H}{V_d \cdot \sin \omega} \pm \frac{2L}{V_3} + \frac{q(H) \cdot m \cdot \cos \alpha}{V_o} + t_n + t_3, \text{ сутки} \quad (4)$$

где для условий работы 14-й западной лавы $q(H)$ – коэффициент, учитывающий влияние глубины на главный вектор сдвижения; t_n , t_3 – соответственно начальный этап и этап затухания процесса.

Для средней степени метаморфизма пород определяется по формуле

$$q_{cp} = \frac{14.109}{H^{0.6184}} = \frac{14.109}{1195^{0.6184}} = 0,176; \quad (5)$$

V_o – средняя скорость оседания земной поверхности. Берется на базе обобщенных данных инструментальных наблюдений, мм/сутки.

$$V_o = 0,9 \text{ мм/сутки}$$

Принимаем как 25% общей продолжительности процесса сдвижения.

В формуле (4) есть условие, которое заключается в том, что время подработки двух блоков может быть больше или меньше времени развития деформаций растяжения по плоскости сдвижения

$$\frac{2L}{V_3} < > \frac{H}{V_d \cdot \sin \omega}$$

$$\frac{2L}{V_3} = 40 \text{ суток} < \frac{H}{V_d \cdot \sin \omega} = 98 \text{ суток};$$

Следовательно, можно сделать вывод, что время подработки блоков меньше времени развития деформаций по плоскости сдвижения до земной поверхности. Поэтому в формуле (4) для наших условий принимаем знак «минус», тогда формула примет вид

$$T = \frac{H}{V_d \cdot \sin \omega} - \frac{2L}{V_3} + \frac{q(H) \cdot m \cdot \cos \alpha}{V_o} + t_n + t_3$$

С учетом исходных данных

$$T = 1,25 \left(\frac{1195}{13,1 \cdot \sin 69^\circ} - \frac{2 \cdot 60}{3} + \frac{0,176 \cdot 2100 \cdot \cos 10^\circ}{0,9} \right) = 578 \text{ суток или } 19,3 \text{ месяца}$$

В работе [4] указывается, что продолжительность процесса сдвижения, зафиксированная инструментальными наблюдениями, равна 17 месяцев. Однако полного затухания процесса сдвижения на участке наблюдательной станции не получено, так как начались очистные работы в соседнем очистном забое. Авторы предполагают, что окончание процесса сдвижения произойдет через 20 ме-

сяцев. Если судить по продолжительности сдвижения репера 1, то разница между инструментальными наблюдениями и вышеприведенными расчетами составляет 4,8 %.

Продолжительность активной стадии

$$T_{on} = 0,5 \frac{H}{V_d \cdot \sin \omega} + \frac{q(H) \cdot m \cdot \cos \alpha}{V_{o \max}}, \text{ сутки} \quad (2.24)$$

где $V_{o \max}$ – максимальная скорость оседания земной поверхности, мм/сутки.

С учетом исходных данных составит

$$T_{on} = \frac{0,5 \cdot 1195}{13,1 \cdot 0,93} + \frac{0,176 \cdot 2100 \cdot 0,98}{2,0} \approx 230,1 \text{ суток или } 7,8 \text{ месяца}$$

Продолжительность активной стадии авторы [4] оценивают в 8-10 месяцев. Разность между инструментальными и вычисленными значениями относительно первого значения составляет 2,5 %.

По изложенной методике определялась продолжительность процесса сдвижения в условиях шахт Западного Донбасса, Донбасса, Никопольского марганцевого бассейна и также достигнута высокая сходимость расчетных значений и инструментальных измерений.

Высокая сходимость продолжительности процесса сдвижения между расчетными значениями и инструментальными измерениями на шахте им. Засядько свидетельствует о соответствии изложенной геомеханической модели и ее теоретического обоснования, экспериментальным данным.

Из всего вышеизложенного могут быть сделаны следующие выводы:

1. В глубоких шахтах сдвижение массива горных пород и земной поверхности происходит циклично, блоками и плавным опусканием. На определенной глубине от поверхности в зависимости от скорости перемещения очистного забоя и скорости развития деформаций по плоскости сдвижения в массиве горных пород образуется зона расслоений, которая разделяет блочное сдвижение и плавное опускание. В связи с тем, что деформации растяжения не достигают поверхности, накопленный газ из зоны расслоений и зон деформаций растяжения при оседании массива вытесняется в рабочее пространство шахты.

2. На основании закономерностей продолжительности процесса сдвижения и других его параметров представляется возможным установить места образования коллекторов газа, параметры газопроводящих трещин, места заложения дегазационных скважин, определить продолжительность их эффективного функционирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Навичихин И.А., Кулешов В.М., Зайцев Ю.А. Использование защитных пологих пластов на шахтах Донбасса. Донецк. «Донбасс», 1997. – 72с.
2. Четверик М.С., Озеров И.Ф. Сдвижение земной поверхности и геомеханические процессы в подработанном массиве при разработке пологих пластов угля // Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов, 1998. -№9. – С. 64-70.
3. Четверик М.С., Озеров И.Ф. Геотехническая модель сдвижения геологической толщи и земной поверхности при подземной выемке угля // Сб. научн. трудов горной академии Украины, 2000.- № 9, том 2. – С. 3-7.
3. Гавриленко Ю.Н., Папазов Н.М., Морозова Т.В. Динамика оседаний земной поверхности при большой глубине разработки и высокой скорости подвигания забоя //Проблеми гірського тиску. Збірник наукових праць Донецьк, 2000. - №4. – С. 108-119.

УДК 622.454.3

Е.Л. Звягильский,

В.В. Бобрышев, Вас.В. Бобрышев

ЭФФЕКТ ПРИРОДНОГО АНТИГАЗОВОГО ГИДРОБАРЬЕРА И ЕГО РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ ГАЗОВОГО БАЛАНСА ЛАВЫ И ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН

Розглянуто необхідні умови і механізм формування ефектів природного анти газового гідробар'єру і передову зону часткового розвантаження у процесі роботи очисного вибою; їхній вплив на характер, інтенсивність і місця переважного виділення газу щодо очисного вибою, а так само в робочий інтервал поверхневих дегазацийних свердловин; показана необхідність їхнього обліку при плануванні очисних робіт, а так само при виборі параметрів поверхневих дегазацийних свердловин; даний математичний спосіб оцінки очікуваного тиску газу на робочому інтервалі поверхневих дегазацийних свердловин і рекомендації з підвищення ефективності їхньої роботи.

EFFECTS OF THE NATURAL ANTI-GAS HIDROBARRIER AND ITS ROLE IN THE FORMING OF GAS BALANCE OF LAVA AND PECULIARITIES OF SUPERFICIAL DEGASSING CHINKS' WORK

Necessary conditions and mechanism of form the effects nature anti-gas hidrobarrier and advanced zone of partial unloading in the process of work of lava, their influences to the character, intensively and places of primary evolution of gas relatively to lava and in the working interval of superficial degassing chinks were considered. Necessity of its calculation by the planning of cleaning works and in parameters superficial degassing chinks selection time was showed/ Mathematical method of estimation of expectation gas pressure on the working interval of superficial degassing chinks and recommendations by the increase of effectively of its work was given.

Главным фактором, сдерживающим темпы очистных и подготовительных работ на шахте им. А.Ф.Засядько является, как это хорошо известно, высокая природная метаноносность угольных пластов и вмещающих их пород (до 25 м³/тс.б.м для углей и 2-9 м³/ т и более – для пород).

Важная отличительная особенность газоносных песчаников шахтного поля заключается в том, что их открытая пористость заполнена двухфазным флюидом. На 40%, но чаще на 80%, она заполнена жидкой фазой: водой с растворенным в ней газом, находящимся под пластовым (гидростатическим) давлением. На достигнутых глубинах разработки (1100-1387 м) оно составляет 60 – 90 МПа. Газообразная фаза у флюида достигает 60%, но чаще – 35-20%. В естественных условиях эти фазы флюида находятся в строго определенных соотношениях в зависимости от типа и морфологии газоносных структур [1] и, соответственно, оказывают различное влияние, в числе других горно-геологических факторов [2], на развязывание газодинамических явлений.

При внедрении горных работ в угленосную толщу нарушается естественное равновесие между двумя фазами флюида открытых пор. В результате взаимодействия этих фаз может создаваться как неблагоприятная, так и благоприятная