

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ШИРИНЫ УГОЛЬНОГО ЦЕЛИКА

д.т.н. Звягильский Е.А., Грязнов В.С., к.т.н. Бокій Б.В. (АГ «Шахта им. А.Ф. Засядько»), д.т.н. Назимко В.В. (ДонГТУ)

Современные угольные шахты Украины работают в сложных горно-геологических и горпотехнических условиях. Отработка пластов ведется на больших глубинах, которые характеризуются высокой природной газоносностью массива, что повышает интенсивность газовыделения при высоких скоростях подвигания очистных забоев. Типовыми способами подготовки запасов является панельный, при котором применяется столбовая система разработки с обратной отработкой очистных забоев по простиранию, падению или восстанию. При этом примыкающие к ранее выработанному пространству лавы «накатываются» на ранее выработанное пространство, в результате чего формируется угольный целик, оконтуренный или защемленный с трех сторон и концентрирующий повышенное горное давление. При достижении критических размеров такого целика, происходит потеря устойчивости вмещающего угольного массива, в результате чего возникает резкое увеличение газовыделения по образовавшимся плоскостям разлома. Скачкообразное увеличение выделения метана и его неравномерность может нарушить устойчивость вентиляции на выемочном участке и привести к взрывоопасной ситуации. Такую ситуацию необходимо предсказывать, чтобы заблаговременно подготовить меры по ее нейтрализации.

Существующие руководящие документы отраслевых институтов дают критическую ширину целика порядка 17-45м [1], 70м/1,53≈46м [2], или 20-75м [3] для глубин разработки 1000м и более. Однако практика ведения горных работ на таких глубинах дает основания считать такую ширину целика заниженной. В связи с этим были проведены шахтные измерения проявления горного давления при отработке лавы в условиях пласта  $m_3$  шахты им. А.Ф. Засядько. Эксперимент выполнялся в 14-й западной лаве, которая считается типичной. Лава примыкала к ранее выработанному пространству и накатывалась на выработанное пространство разгрузочной лавы (рис. 1). При этом формировался с трех сторон угольный целик, который представлял опасность с точки зрения внезапного массового выделения метана в момент разрушения вмещающего массива при достижении целиком критической ширины. Вынимаемая мощность пласта составляет 1,8-2,0м. Глубина работ более 1100м. Вмещающие породы кровли легкообрушаемы. Пласт нарушен локальными мелкоамплитудными нарушениями. Скорость подвигания лавы составляла 3-5м/сут. Ежесуточная до-

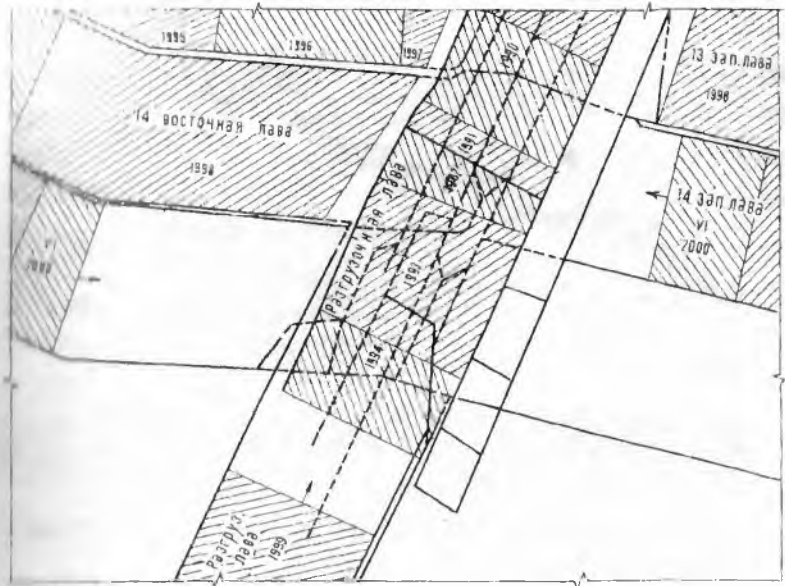


Рис. 1. Выкопировка из плана горных работ по пласту  $m_3$  шахты им. Засядько в районе работы 14 западной лавы

была колебалась в пределах 2000-4500т. При таких темпах подвижка и добычи нахождение критической ширины целика является с точки зрения безопасности весьма актуальной задачей.

Поставленная задача решалась экспериментально. При этом измерялось ежесуточное газовыделение по следующим источникам: газовыделение в выработки выемочного участка; каптаж метана из спутников вакуумной системой дегазации; и газоотсос метана из выработанного пространства с помощью специального трубопровода, уложенного вдоль вентиляционного штрека и подключенного к вакуумной установке. Кроме того фиксировалась интенсивность акустической эмиссии горного массива в верхней и нижней нишах фронтального забоя.

На рис. 2 приведены совмещенные графики суммарного газовыделения в 14-й западной лаве пласта  $m_3$  по всем трем вышеуказанным источникам и текущей суточной добычи. Видно, что наблюдается корреляция между постепенным уменьшением нагрузки на лаву и интенсивностью газовыделения. Так при снижении средней нагрузки с 3500т/сут до 2500т/сут газовыделение пропорционально уменьшилось со 100м<sup>3</sup>/мин. до 55м<sup>3</sup>/мин. Временной диапазон такого изменения составил от 17.05.00 до 16.07.00. Для корректности обработки экспериментальных данных

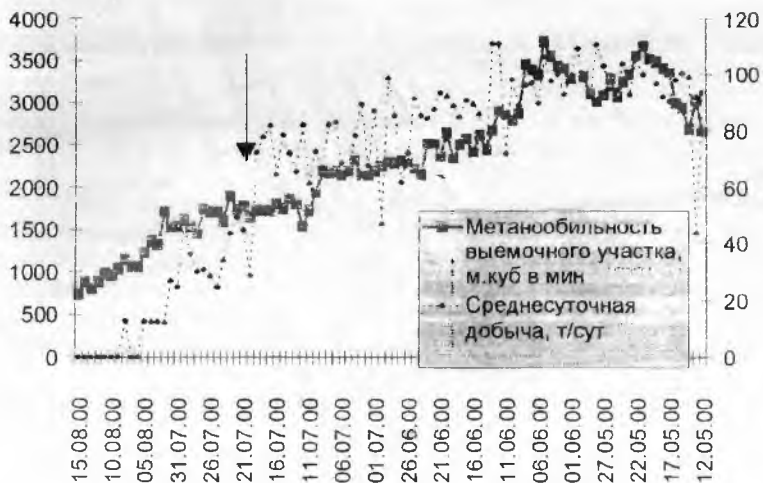


Рис. 2. Изменение метанообильности выемочного участка с уменьшением нагрузки на лану

необходимо привести интенсивность газовыделения к одной величине суточной нагрузки. В качестве такой величины принималось 2905т/сут, соответствующее среднему значению за указанный интервал времени. Данные, полученные после 19.07.2000 г. (ширина целика при этом уменьшилась до 123м – положение указано на рис. 2. стрелкой) не принимались во внимание, поскольку в указанном диапазоне пропорциональность между изменением добычи и газовыделением была резко нарушена. Так добыча упала скачкообразно с 2402т/сут до 952т/сут, тогда как в силу конечного сопротивления трещин массива газовыделение продолжало уменьшаться плавно, что отчетливо заметно на графике рис. 2. Приведение газовыделения к средней величине добычи осуществлялось по ф. 3.77 нормативного руководства [4]. На рис. 3 показан график приведенного газовыделения. Видно, что два локальных максимума газовыделения соответствуют ширине целика соответственно 332м и 272м. Именно при такой ширине целика произошло увеличение поступления газа из всех трех источников до 100м<sup>3</sup>/сут, тогда как до достижения указанной ширины целика и после, средняя интенсивность газовыделения составляла примерно 77-75м<sup>3</sup>/сут. Это значит, что при прочих равных условиях и постоянных темпах добычи выброс дополнительного объема газа составит в момент достижения целиком критической ширины 23-25м<sup>3</sup>/сут или более 30% от среднего установившегося уровня. Такое дополнительное количество газа следует учитывать при определении необходимого

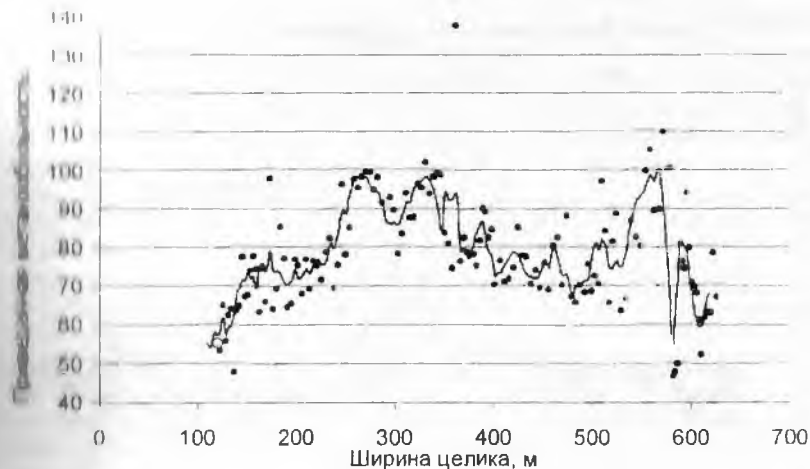


Рис. 3. Изменение приведенной к постоянной нагрузке метанообразности участка по мере уменьшения целика между 14 западной лавой и выработанным пространством разгрузочной лавы

количества воздуха для проветривания очистного забоя. Отметим, что фактическая критическая ширина целика превысила рекомендуемую, согласно нормативным документам, практически на порядок и составила 0,25-0,30 глубины разработки.

На рис. 4 приведен совместный график кривых приведенного газовыделения по источникам и акустической эмиссии. Прежде всего, отметим достаточно постоянный уровень газовыделения в лаву, составляющий 10-15 м<sup>3</sup>/мин, который при больших скоростях подвигания обусловлен только газовыделением из пласта. Отвод газа из выработанного пространства скачкообразно увеличился с 20 м<sup>3</sup>/сут до 109 м<sup>3</sup>/сут (в среднем до 78 м<sup>3</sup>/сут) в тот момент, когда ширина целика достигла 364 м. В этот же момент практически синхронно упало количество газа, каптируемого из пласта впереди лавы с 45 м<sup>3</sup>/сут до 14 м<sup>3</sup>/сут. Это могло произойти только из-за глобального разрушения массива под и над защемленным целиком и его резкой естественной дегазацией. В результате большая часть пластового газа и газа из вмещающих пород ушла в выработанное пространство, что и зарегистрировано экспериментом.

Факт глобального разрушения массива в окрестности целика подтверждается кривыми акустической эмиссии. Так при ширине целика 371 м (0,337 глубины) в нижней части лавы эмиссия увеличилась с 24 до 72 имп/мин, то есть в 3 раза, а в верхней части, прилегающей к ранее выработанному пространству с 69 до 179

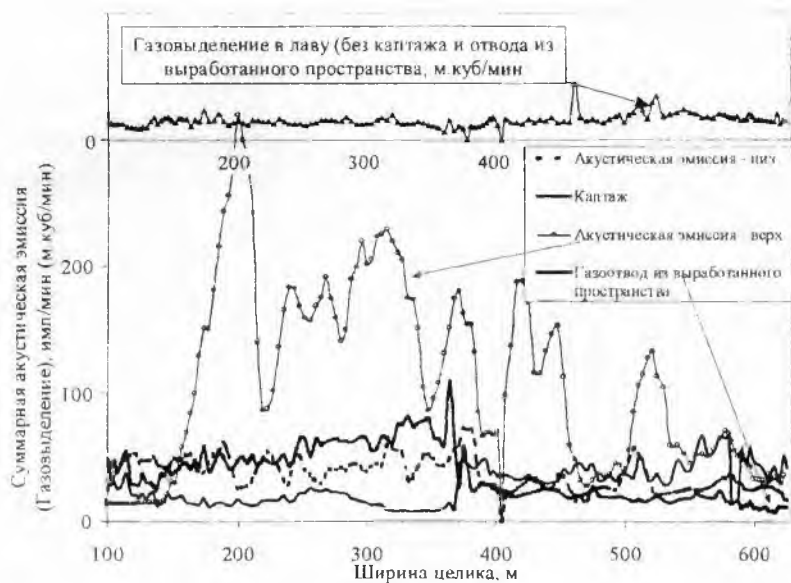


Рис. 4. Совмещенный график метанообильностей участка по источникам поступления с кривыми акустической эмиссии

имп.мин, или примерно во столько же. При этом интенсивность акустической эмиссии в верхней части лавы примерно в 3 раза выше, чем в нижней, что объясняется наложением стационарного и динамического горного давления. Разрушение целика протекало в несколько этапов, которые можно отметить по отдельным пикам акустической эмиссии. При этом последний акт глобального разрушения был зафиксирован при ширине целика 199м, хотя он не сопровождался увеличением газовыделения. Оно стабилизировалось уже при ширине целика 239м. Это значит, что дальнейшее доразрушение целика протекало после его существенной дегазации и поэтому не представляло опасности. Заметим также, что со стороны примыкания лавы к ранее выработанному пространству разрушение краевой части пласта началось гораздо раньше, когда до границы выработанного пространства разгрузочной лавы оставалось еще 452м и даже 521м. Однако эти разрушения не сопровождались интенсификацией дегазации, что можно объяснить только тем обстоятельством, что происходило разрушение локальной области, примыкающей к ранее выработанному пространству и, следовательно, обстоятельно дегазированной. Это предположение полностью подтверждается тем фактом, что увеличения интенсивно-

гити в условиях критической эмиссии на нижнем участке лавы при ее положении в позициях 452м и 521м не происходило (см. пунктирную кривую на рис. 4).

Таким образом, экспериментально доказано, что при «накате» примыкающей к ранее выработанному пространству лавы на ранее выработанное пространство (разгрузочной лавы) глобальное разрушение целика может начаться при достижении критической ширины целика 0,337 глубины разработки. При этом эффективность вакуумной дегазации угольного пласта впереди лавы падает в 3 раза, а в выработанное пространство попадает в 3-4 раза больше газа по сравнению с установившимся режимом. Максимальное суммарное газовыделение, приведенное к постоянной нагрузке на лаву, наступает при ширине целика 0,30-0,25 глубины разработки и превышает установившийся уровень более чем на 30%. Основная естественная дегазация целика и вмещающего его массива завершается при достижении ширины целика 0,217 глубины разработки, хотя процесс геомеханического разрушения продолжается до ширины целика, равной 0,18 глубины разработки. Это значит, что дополнительные мероприятия по увеличению надежности проветривания очистного забоя должны предприниматься в диапазоне, когда ширина защемляемого целика составляет 0,34-0,20 глубины разработки. Такие рекомендации соответствуют весьма тяжелым горнотехническим условиям, когда целик защемлен с трех сторон, то есть формируется лавой, примыкающей к ранее выработанному пространству. Для других конфигураций взаимодействующих выработанных пространств рекомендации следует разработать отдельно.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработать комплекс мер по безопасному ведению работ при выемке целиков угля (доработки лав) в зонах опорного давления и повышенного газовыделения на глубинах более 1000 м в условиях шахты им. А.Ф. Засядько (согласно заключению правительственной комиссии по расследованию аварии от 12.06.99 г) / Отчет о НИР / УкрНИМИ. – Донецк. – 2000. – 31 с.
2. Разработать комплекс мер по предупреждению самовозгорания угля в зонах опорного давления и повышенного газовыделения на глубинах более 1000 м в условиях шахты им. А.Ф. Засядько: Отчет о НИР / НИИГД. – Донецк. – 2000. – 66 с.
3. Комплекс мер по безопасному ведению работ при выемке целиков угля (доработке лав) в зонах опорного давления и повышенного газовыделения на глубинах более 1000 м в условиях шахты им. А.Ф. Засядько: Отчет о НИР / МакНИИ. – Донецк. – 2000. – 39 с.
4. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К: «Основа». – 1994.