

фективной надработки (подработки). Сравнение средних параметров интенсивности десорбции в зонах эффективной и контролируемой эффективности проводится с использованием статистик Стьюдента и Фишера-Снедекора. Надработка или подработка считается эффективной, если обе статистики не показали существенного различия интенсивности десорбции в различных зонах. В противном случае влияние подработки или надработки считается неэффективным.

Например, полученные данные разделены на две выборки для соответствующих геомеханических зон (рисунок 2). В результате статистической обработки данных были получены наблюдаемые значения критериев (табл. 3). Критическое значение критерия Стьюдента при уровне значимости $\alpha = 0,05$ составляет $t_{кр}(17; 0,05) = 2,11$ [4], Фишера-Снедекора при $\alpha = 0,05$

равняется $F_{кр}(14; 3; 0,05) = 8,71$ ([4]). Таким образом, $t_{набл} = 5,4 > t_{кр}$, $F_{набл} = 17 > F_{кр}$, что свидетельствует о значимом отличии параметров интенсивности десорбции газа в разных зонах и отсутствии защиты на участке проведения экспериментальных работ в монтажном ходе 4-й западной лавы (таблица 3).

Применение способа оценки эффективности, основанного, например, на контроле газоносности участков угольного пласта в различных геомеханических зонах, наряду с текущим десорбометрическим контролем эффективности даст возможность сочетать простоту, оперативность с надежностью установленных критических значений при статистической обоснованности методов и возможностью вероятностной оценки надежности принимаемого решения.

Таблица 3 – Сравнение величины показателя интенсивности десорбции β на защищенных и незащищенных участках пласта l_4 шахты им. А.Ф. Засядько

Наименование показателей	Величина показателя	
	Среднее значение показателя β , мм рт. ст.	в защищенной зоне
	в незащищенной зоне	0,565
Наблюдаемый критерий Стьюдента $t_{набл}$	5,44	
Степень свободы df	17	
Вероятность p	0,00	
Критический критерий Стьюдента $t_{кр}$	2,11	
Количество определений β	в защищенной зоне	4
	в незащищенной зоне	15
Среднеквадратическая погрешность β , мм рт. ст.	в защищенной зоне	0,039
	в незащищенной зоне	0,163
Наблюдаемый критерий Фишера-Снедекора $F_{набл}$	17	
Вероятность ошибки p	0,04	
Критический критерий Фишера-Снедекора $F_{кр}$	8,71	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СОУ 10.1.00174088.011-2005. Правила ведения гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ. Прийнято та надано чинності: наказ Мінвуглепрому від 30.12.2005 р. № 145 – Вид. офіц. Київ: Мінвуглепром України, 2005. 225 с.
2. НАОП 1.1.30–5.06.89. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа / Минвуглепром СССР. М., 1989. 191 с.
3. Правила визначення ефективності випереджального захисту пластів, схильних до газодинамічних явищ / Брюханов О. М., Коптиков В. П., Анциферов А. В., Рубінський О. О., Дрібан В. О., Канін В. О. та ін. // СОУ-П 10.00174088.016:20009. Надано чинності наказом Мінвуглепрома від 1 червня 2009 р. № 217. Київ, 2009. 37 с.
4. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. 4-е изд., доп. М.: Высшая школа, 1972. 368 с.

УДК 622.537.8: 550.42: 533.6

**КАНИН В.А.,
ТАРАНИК А.А.,
БРЮМ В.З.**

Геохимический подход к проблеме прогнозирования аварийных ситуаций по газовому фактору

Угольная промышленность Украины является важнейшей составляющей топливно-энергетического комплекса, обеспечивает сырьем и топливом энергетику, металлургию, химическую и ряд других промышленных отраслей. Переживая сложный период реконструкции, угольная промышленность после тяжелого периода падения объемов производства постепенно наращивает добычу угля и по праву становится одной из ключевых отраслей украинской экономики.

Со второй половины 70-х годов основное внимание уделялось освоению новых перспективных месторождений на востоке СССР. Основные финансовые и материальные средства направлялись на развитие добычи угля открытым способом, а в отношении Донецкого бассейна создавалось общественное мнение, что дальнейшая добыча угля здесь является неперспективной. В результате такой политики угольная промышленность Украины, десятилетиями формировавшая гигантскую индустрию, которая обеспечивала топливом европейскую часть СССР и половину союзной потребности в углях коксующихся марок, оказалась с массой нерешенных социальных проблем и самым старым (в СНГ) шахтным фондом. За весь по-

рождений на востоке СССР. Основные финансовые и материальные средства направлялись на развитие добычи угля открытым способом, а в отношении Донецкого бассейна создавалось общественное мнение, что дальнейшая добыча угля здесь является неперспективной. В результате такой политики угольная промышленность Украины, десятилетиями формировавшая гигантскую индустрию, которая обеспечивала топливом европейскую часть СССР и половину союзной потребности в углях коксующихся марок, оказалась с массой нерешенных социальных проблем и самым старым (в СНГ) шахтным фондом. За весь по-

слевоенный период в Донбассе было реконструировано менее одной трети шахт.

Все вышеперечисленное определило высокую аварийность и травматизм на шахтах Украины. Только за период с 1991 по 2000 годы включительно, несмотря на двукратное снижение добычи угля, количество несчастных случаев составило 382 806, в том числе смертельных случаев – 3458.

Несмотря на выполнение различных мероприятий по повышению безопасности горных работ, вопрос аварий в угольных шахтах Украины остаётся достаточно актуальным. Поэтому сложившаяся ситуация указывает на необходимость пересмотра ряда старых и разработки новых подходов и стандартов по охране труда [1].

Чрезвычайно важным вопросом в проблеме обеспечения безопасного ведения горных работ в угольных шахтах является определение в составе газовых смесей тяжелых углеводородов и водорода, которые представляют значительно большую угрозу, чем метан, поскольку они характеризуются меньшей взрывоопасной концентрацией и меньшей температурой воспламенения. Так, если метан воспламеняется при температуре 530 °С, то этан и пентан соответственно при температуре 470 и 290 °С. Если метан начинает взрываться при его содержании в газозудной смеси 5 %, то этан и пентан соответственно при концентрации 2,9 и 1,1 %.

Таким образом, основным аспектом рассматриваемой проблемы безопасности горных работ является то, что в настоящее время вся аппаратура, контролирующая газовую обстановку в шахтах, контролирует ее только по содержанию метана, хотя уже имеются экспериментальные данные, свидетельствующие о том, что общее содержание тяжелых углеводородов в газах угольных пластов марки Ж в юго-западной части Донбасса на глубинах свыше 500 м достигает 13-15 % [2], а в отдельных случаях (в Красноармейском и Донецко-Макеевском районах) и 30 % [3].

Данная публикация является одной из серии статей, посвященных указанной проблематике. В ней обоснована теоретическая и практическая возможность влияния сопутствующих метану горючих газов на аварийную ситуацию в шахте. В первую очередь к таким газам относятся этан, пропан, бутан и водород.

Многолетними исследованиями, выполненными на шахтах Донбасса, в том числе и УкрНИИ НАН Украины, установлено, что основными источниками газовой выделенности, провоцирующими аварийную ситуацию на угольных шахтах, являются тектонические нарушения. Заблаговременное прогнозирование этих нарушений и возможных последствий при их вскрытии является сложной задачей, которая к настоящему времени не имеет комплексного решения. Поэтому наряду с развитием геофизических методов прогноза тектоники необходимо развивать и геохимическое направление исследований по определению компонентного состава рудничных газов, выделяющихся в горные выработки угольных шахт [4].

В последние пять лет авторы исследовали изменение компонентного состава рудничных газов в зонах влияния крупных тектонических нарушений на шах-

тах «Краснолиманская» и им. А.Ф. Засядько.

Исследование компонентного состава газа, выделяющегося из горного массива, выполнялось в 11-м северном конвейерном штреке пласта k_5 шахты «Краснолиманская» по мере приближения его забоя к апофизе Глубокоярского сброса с амплитудой 3,5 м. Амплитуда самого Глубокоярского сброса составляет от 20 до 86 м.

При подходе к одному из таких нарушений в июне 2007 г. по результатам текущего прогноза выбросоопасности в забое выработки была установлена опасная по выбросам зона, и как следствие – дальнейшее проведение выработки с выполнением противовыбросных мероприятий. При выполнении первого цикла гидрорыхления из шпуров, пробуренных для нагнетания воды, были отобраны и проанализированы пробы газа. Химический состав проб газа выявил наличие метана (CH_4) – 92-98,5 %, этана (C_2H_6) – 0,39-0,71 %, пропана (C_3H_8) – до 0,36 %, бутана (C_4H_{10}) – до 0,1 %, гелия (He) – 0,05-0,19 %, водорода (H_2) – до 0,002 %.

При анализе данных, полученных по результатам геологоразведки на поле шахты им. А.Ф. Засядько, авторы отмечают характерные изменения компонентного состава рудничного газа в угольных пластах и вмещающих породах при подходе к тектоническим нарушениям. Так, на расстоянии 350 м от геологического нарушения в составе свободных газопроявлений наблюдалось содержание C_2H_6 – до 1,63 %, C_3H_8 – до 0,21 % и He – до 0,088 %. При исследовании восточной части шахтного поля шахты им. А.Ф. Засядько отмечена вариация C_2H_6 – 0,12-3,65 %, C_3H_8 – 0,11-0,63 %, H_2 – 0,2-2,6 %.

Следует сказать, что признаки повышенной метанообильности и газодинамической активности в зоне влияния Ветковского надвига проявлялись еще в процессе геологоразведочных работ. Так, при бурении геологоразведочной скважины № 3792 в 1962 г. в зоне влияния указанной синклинали складки с глубины 730 м из песчаной толщи $N^3_1SN^5_1$ произошел выброс газоводяного фонтана, который функционировал около 15 суток. При ведении горных работ вблизи скважины № 3792 (в 150 м на запад) в 14-м западном конвейерном штреке 26.08.98 г. произошел внезапный выброс угля и газа [5].

При доработке разгрузочной лавы на глубине 1270 м 24.05.99 г. в результате внезапного выделения метана из выработанного пространства и взрыва его в откаточном штреке погибло 50 человек.

В зоне мелкоамплитудного нарушения ($h = 0,6-1,7$ м) в пределах указанного выше тектонического нарушения, в 550 м по падению пласта от скважины № 3792, в 16-м западном конвейерном штреке на глубине 1300 м 23.02.01 г. при подрубке почвы пласта проходческим комбайном произошел внезапный выброс угля и газа интенсивностью 45 т и 1750 m^3 – метана. Примечательно то, что этот выброс произошел вблизи (в 200 м) от пробуренной в 1987 году геологоразведочной скважины ДМ-1921, по которой из песчанника $N^3_1SN^5_1$ в течение недели происходило интенсивное газовыделение с концентрацией метана 77,2 %.

Высокая степень газонасыщенности и газодинамической активности угленосного массива в зоне влия-

ния Ветковской флексуры в районе 15-й и 16-й западных лав подтверждена также интенсивными газовыделениями из скважины ДМ-1933 (в 600 м от места последнего внезапного выброса). А 19.08.01 г. в 15-й западной лаве произошел взрыв метановоздушной смеси, в результате которого погибло 55 человек.

Рассматривая проблему взрывов рудничного газа в угольных шахтах, следует особенно подчеркнуть, что существующие на шахтах датчики термokatалитического действия тарируются исключительно по метану, а реагируют на все горючие газы, встречающиеся в рудничной атмосфере. Это, безусловно, затрудняет создание адекватной аварийной ситуации на участке. Поэтому для предупреждения вспышек и взрывов рудничного газа путём своевременного выявления опасных концентраций газовых смесей необходимо предусматривать отдельный контроль метана, тяжёлых углеводородов и водорода датчиками нового поколения.

В настоящее время практическое решение такой задачи может быть реализовано с использованием унифицированной телекоммуникационной автоматизированной системы (УТАС), разработанной ГП «Петровский завод угольного машиностроения» совместно с фирмой TROLEX Ltd (Великобритания). Основное назначение данной системы – управление безопасностью горных работ путем распознавания и прогнозирования предаварийных и аварийных ситуаций на

начальных стадиях. Она включает в себя более 10 подсистем, осуществляющих управление горношахтным оборудованием. Для контроля параметров машин, механизмов и окружающей среды в состав телекоммуникационных средств и устройств управления системы УТАС входит более 15 типов датчиков, установленных в подземных условиях. УТАС обеспечивает также передачу всей информации на поверхность горному диспетчеру и руководству шахты для принятия оперативных решений на базе постоянно накапливаемых и обрабатываемых данных.

Весьма важным обстоятельством является то, что УТАС представляет собой открытую систему и в случае необходимости ее можно докомплектовывать новыми устройствами.

Использование в системе УТАС датчиков водорода, тяжелых углеводородов и ацетилена позволяет не только контролировать их содержание в атмосфере горных выработок, но и прогнозировать подход к зонам тектонических нарушений, являющихся коллекторами миграции горючих газов в горные выработки.

С одной стороны, такая информация позволит своевременно выполнять необходимые профилактические мероприятия для повышения безопасности работ, а с другой – выявлять в пределах шахтных полей действующих и закрывающихся шахт перспективные участки для попутной добычи метана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азаров Н.Я., Анциферов А.В., Тиркель М.Г., Канин В.А., Брюм В.З., Моргунов Ю.Ю., Хороших Л.В. Возможности системы УТАС для диагностики аварийных ситуаций по газовому фактору // НАУКОВІ ПРАЦІ УКРНДМІ. Випуск 5 / Під заг. ред. А.В. Анциферова. Донецьк: УкрНДМІ НАН України, 2009. С. 503–512.
2. Мурич А.Т. О перспективах нефтегазоносности северной зоны мелкой складчатости Донбасса // Геология нефти и газа. 1979. № 3. С. 34–40.
3. Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР. М.: Недра, 1979. Т. 1. 627 с.
4. Канин В.А., Тиркель М.Г., Тараник А.А., Брюм В.З., Моргунов Ю.Ю., Хороших Л.В. Датчики ацетилена в системе УТАС // НАУКОВІ ПРАЦІ УКРНДМІ. Випуск 5 / Під заг. ред. А.В. Анциферова. Донецьк: УкрНДМІ НАН України, 2009. С. 490–502.

УДК 550.834-622.12

**ГЛУХОВ А.А.,
КЕНЖИИ Б.М.,
КОМПАНЕЦ А.И.**

Влияние параметров тектонических нарушений на характеристики сейсмических волновых полей при использовании метода отраженных волн в шахтной сейсморазведке

Процесс добычи угля является одним из наиболее сложных по сравнению с разработкой других полезных ископаемых. Он связан с решением множества проблем, возникающих под влиянием разных факторов, главным из которых являются горно-геологические условия, от которых зависят рентабельность производства, применяемые технологии, эффективность и безопасность труда. Непредвиденные встречи тектонических нарушений при отработке угольных пластов приводят не только к экономическим потерям, но и являются причиной аварийности и травматизма. Поэтому их опережающий и достоверный прогноз чрезвычайно актуален. Традиционные геологические методы прогноза не удовлетворяют требованиям

угольной промышленности. Альтернативными и более перспективными являются геофизические методы, в частности, методы шахтной сейсморазведки [1, 2].

Прогноз параметров тектонических нарушений угольных пластов сейсмоакустическим методом [1, 2] представляет собой сложную задачу, решение которой зависит от множества факторов. В данной статье изложены результаты анализа влияния параметров тектонических нарушений типа сброс на скоростные, частотные и амплитудные характеристики информативных волновых пакетов при использовании метода отраженных волн (МОВ).

В результате проведенных исследований было установлено, что характерные сейсмогеологические