

УДК 622.831.322:635

**ЗАБЛАГОВРЕМЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ  
ГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

**к.т.н. Спожакин А.И. (ИФГП НАНУ)**

*Проаналізувавши раніше виконані роботи з силового впливу на високо газонасні викидонебезпечні вугільні пласти запропоновано їхній розвиток як найбільш ефективних, таких що дозволяють завчасно із значним випередженням у часі до гірничих робіт підготувати родовище до безпечної та економічно вигідної розробки.*

**EARLY CONTROL OVER THE PROPERTIES  
OF GAS-CONTAINING COAL SEAMS**

**Spozhakin A.I.**

*It is proposed to continue work on forced influencing the highly gas-containing outburst-hazardous coal seams for an effective early, with time advance to mining, preparation of a coalfield to the safe and economically efficient development.*

Добыча угля подземным способом сопряжена с повышенной опасностью производства работ. В подавляющем большинстве случаев аварийность технологического процесса и травматизм горнорабочих обусловлены нарушением баланса физических процессов в углепородном массиве на глубоких (1000 метров и более) горизонтах разработки угольных месторождений. Значительные напряжения в неоднородном массиве, высокая газоносность наиболее ценных марок угля и склонность их к самовозгоранию, рост температуры горных пород не позволяют интенсифицировать добычу угля высокомеханизированными комплексами. К наиболее опасным проявлениям реакции массива на повышение скорости проведение очистных и подготовительных горных выработок относятся внезапные выбросы угля и газа, а также взрывы метана и пылегазовой смеси в шахтной атмосфере.

Как показывает практика работы угольных шахт, локальные способы воздействия на высокогазоносный угольный массив с целью приведения его в неопасное состояние – подземная дегазация, обработка массива через скважины, пробуренные из подземных выработок, образование разгрузочных пазов не позволяют изменить физико-химическое и физико-механическое состояние трещино-порового нетронутого массива угля до такой степени, чтобы обеспечить производственникам возможность эффективно вести очистные работы со скоростью, предусмотренной техническими характеристиками высокопроизводительных комплексов. И хотя применяемые в настоящее время на шахтах специальные устройства и аппаратура газовой защиты позволяет производить опережающее отключение углевыемочных комплексов и горнопроходческого оборудования при повышенном содержании метана в очистных и подготовительных забоях, а средства оперативного оповещения о воз-

можной опасности дают возможность своевременно выводить людей из опасной зоны, всё же высокий травматизм, зачастую со смертельным исходом выводит угольную отрасль в число наиболее опасных производств.

Учеными совместно со специалистами угольной отрасли постоянно проводятся исследования физических процессов горного производства с целью разработки различных способов как оперативного прогноза состояния углепородного массива и способов предотвращения опасной ситуации.

Над проблемами внезапных выбросов угля и газа, взрывов метановоздушной смеси в атмосфере горных выработок работают академические институты Украины: ИФГП, ИГТМ, УкрНИМИ, отраслевые институты: МакНИИ, ДонУГИ, ведущие научные коллективы стран СНГ.

В 1962 году член-корреспондент АН СССР В.В. Ржевский, доктор технических наук А.С. Бурчаков, Э.М. Москаленко и Н.В. Ножкин (Московский горный институт) выдвинули идею многостадийного заблаговременного воздействия с поверхности на угольные пласты с целью борьбы с метаном и угольной пылью. Ими были научно обоснованы главные направления управления свойствами и состоянием угольных пластов с целью предотвращения основных опасностей в шахтах с помощью силового воздействия (подача в массив под давлением воды или воздуха, водных растворов поверхностно-активных (ПАВ) или химически активных (ХАВ) веществ, производство акустического воздействия на пласт, внутрипластового взрыва, сотрясательного взрывания зарядов большой мощности).

В результате такого воздействия изменяется природное напряженное состояние массива в целом и особенно его локальных зон с аномально высокими параметрами напряженного состояния и концентрации метана. По их мнению силовые воздействия создают дополнительную трещиноватость массива и условия для более равномерной и устойчивой дегазации пласта, борьбы с пылью, выбросами угля и газа, самовозгоранием углей, а именно [1]:

- заблаговременное увлажнение обеспечивает замещение водой части метана в сорбционном объеме угля и переток замещенного газа во вмещающие породы за счет повышенного пластового давления в местах увлажнения;

- гидрорасчленение угольных пластов дополнительно ко всем действиям увлажнения должно многократно увеличить общую проницаемость пласта за счет раскрытия естественных пластовых трещин, что в свою очередь позволит дегазировать пласт на всю угленосную толщу на больших площадях вокруг скважины;

- пневморасчленение угольных пластов способно многократно повысить общую и особенно фазовую проницаемость угольного пласта для газа и снизить сорбционный потенциал угля при его нагреве за счет сорбции кислорода из воздуха, т.е. существенно углубить дегазацию толщи в обширной зоне вокруг скважины;

■ физико-химическое воздействие водными растворами соляной кислоты должно многократно увеличить проницаемость пласта за счет растворения карбонатных включений, повысить фазовую проницаемость угля для газа, а также повысить гидрофильность и увлажненность угля, что в свою очередь позволит углубить дегазацию угленосной толщи, снизить пылеобразование и напряжение в массиве горных пород, а также улучшить качественные показатели угля;

■ физико-химическое воздействие водными растворами ПАВ на уголь увеличивает его смачиваемость, степень увлажнения и скорость проникновения воды в поры и трещины, т.е. позволит снизить пылеобразование, увеличить скорость замещения метана в сорбционном объеме угля, существенно повысить пластичность и снизить напряжения в массиве;

■ физико-химическое воздействие водными растворами веществ – ингибиторов окисления угля (например, лимонная, щавелевая кислоты) позволяет снизить пожароопасность и использовать все другие положительные действия увлажнения угля;

■ пневмооттеснение рабочей жидкости должно значительно углубить дегазацию угля за счет увеличения фазовой проницаемости массива для газа;

■ волновое (акустическое) воздействие в сочетании с гидрорасчленением позволит дополнительно ко всем положительным действиям последнего увеличить проницаемость и равномерность обработки массива;

■ внутрипластовый взрыв метано-кислородных смесей в трещинах способен дополнительно ко всем положительным действиям пневморасчленения и теплового воздействия увеличить равномерность обработки массива и его площадь.

Кроме того, ими же рассматривались возможности дополнительной обработки массива с целью усиления эффекта борьбы с метаном с помощью внедрения в уголь метано-окисляющих организмов, а также воздействия на него различных теплоносителей. При этом:

■ принудительная доставка микроорганизмов, поглощающих (окисляющих) метан в составе водных суспензий, обеспечивающих их жизнедеятельности и размножение, позволит в определенных условиях значительную часть метана находящегося в трещинах и раскрытых порах пласта, окислить, т.е. перевести метан непосредственно в угленосной толще в неопасные соединения  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , белок, тепло и тем самым уменьшить опасную его концентрацию при производстве горных работ;

■ направленные изменения состояния пласта тепловыми воздействиями водным или парообразным (газообразным) теплоносителем снизят сорбционный потенциал угля, повысят газоотдачу в скважину при дегазации, выровняют пики концентраций напряжений в массиве, что значительно углубит дегазацию и снизит выбороопасность массива.

Наиболее эффективно многостадийное воздействие может быть использовано для заблаговременной подготовки и безопасной высокопроизводи-

тельной эксплуатации угольных пластов с высокой природной газоносностью и пылеобразующей способностью, склонных к выбросам угля и газа и самовозгоранию. Опасность проявления негативных процессов возрастает по мере ускорения ведения работ на таких пластах в связи с применением механизированных комплексов, оборудованных узкозахватными выемочными машинами, которые способны обеспечить производительность до 5 т/мин., т.е. достигать в условиях шахт суточной производительности одной лавы от 800 до 2000 и более тонн [3]. Однако, на шахтах разрабатывающих высокогазоносные пласты максимальные нагрузки на очистной забой ограничиваются фактором метановыделения. Лимитирующее влияние последнего начинает сказываться уже при выемки угольных пластов с газоносностью 8–10 м<sup>3</sup>/т.

На современных глубинах разработки природная метаноносность угля составляет в среднем около 20 м<sup>3</sup>/т, в отдельных случаях достигает 60–80 м<sup>3</sup>/т и более. Поэтому уже в настоящее время производительность выемочных машин лимитируется фактором метановыделения примерно в 30–50% очистных забоев даже при предельно допустимой скорости движения воздуха, которая в 2–4 раза превышает скорость, оптимальную с точки зрения снижения запыленности рудничной атмосферы.

Таким образом, интенсификация угледобычи приводит к необходимости увеличения скорости движения воздуха в горных выработках, что в свою очередь при прочих равных условиях влечет за собой повышение запыленности рудничной атмосферы и снижение комфортных условий труда, к тому же лишь частично устраняет ограничения производительности очистных забоев по газовому фактору [4].

Комплексные аналитические, экспериментальные и лабораторные работы по заблаговременному силовому воздействию на углепородный массив выполнялись в Московском горном институте. Шахтные исследования, промышленные испытания и внедрение проводились на шахтах Донецкого, Карагандинского, Львовско-Волынского и Кузнецкого угольных бассейнов. В исследованиях выполняемых на шахтах Донбасса принимал участие автор настоящей статьи [5].

Типовая схема последовательности технологических операций силового воздействия была представлена следующим образом:

1. Внедрение жидкости в угольный пласт;
2. Микробиологическое воздействие;
3. Пневмообработка угольного массива;
4. Дегазация пласта;
5. Физико-химическое воздействие на пласт.

В результате последовательного применения указанных операций в начале предусматривалось оттеснение метана из соданного увеличенного трещино-порового объема угля, затем его окисление специальными штаммами бактерий, жизнедеятельность которых обеспечивалась подачей кислорода в

процессе пневмообработки, глубокая дегазация угля вакуум-насосами, установленными на устье скважин и, наконец, блокирование метана в его сорбционном объеме с помощью химических соединений, управляемо изменяющих своё состояние от жидкой до твердой фазы. Изоляция отдельных блоков угля и заполнение пластовых трещин и пустот безугадочным продуктом низкой газопроницаемости исключит переток газа с периферии в обработанную зону, придаст угольному пласту свойства равнопрочности и будет способствовать снижению его выбрасоопасности и уменьшению вероятности возникновения эндогенных пожаров даже при длительном контакте угля и воздухом [6].

Таким образом, проектами силового воздействия ставилась задача обеспечить направленное необратимое изменение таких свойств угольного пласта, влияющих на безопасность труда при его разработке, которые при традиционных способах не изменялись вообще, либо изменялись в меньшей степени.

В Донецком бассейне промышленные испытания силового воздействия в режиме гидрорасчленения проводились на шахтах им. Менжинского (пл.  $l_4$ ,  $l_6$ ,  $l_8^H$ ), «Селезнёвская-Восточная» (пл.  $k_3^H$ ,  $k_3^B$ ), «Коммунист» ( $q_2^H$ ), № 29 (пл.  $h_7$ ,  $h_8$ ), им. Скочинского ( $h_6^1$ ), им. Калинина ( $h_{10}$ ), №21-бис ш/у им. 9-й пятилетки ( $h_8^1$ ).

Удельный расход рабочей жидкости в пересчёте на 1 м мощности пласта составил для всех шахт среднем  $4052 \text{ м}^3/\text{м}$ , максимальный –  $5316 \text{ м}^3/\text{м}$  (скв. №3, шахта 21-бис). Максимальные давления на устье скважины составляли  $200\text{--}400 \text{ кгс}/\text{см}^2$ , средние (установившиеся) –  $165\text{--}310 \text{ кгс}/\text{см}^2$ .

Оценка эффективности способа заблаговременного снижения выбрасоопасности и газоносности угольных пластов путем их гидрорасчленения производилась в горных выработках в зонах гидрорасчленения и на сравниваемых участках по комплексу наблюдений за изменением газодинамических характеристик призабойной части угольного пласта и физико-механических свойств угля, газообильности очистных и подготовительных забоев и запыленности рудничной атмосферы.

В зонах гидрорасчленения на стадии экспериментальных работ, горные работы производились на полях шахт: им. Калинина – в районе скв. №1 при проведении 2-го восточного откаточного штрека пл.  $h_{10}$  (пройдено 140 м) и при ведении очистных работ в 4-й восточной лаве пл.  $h_{10}$  (подвигание 63 м); им. Скочинского – в районе скв. №1 при ведении очистных работ в 1-й западной лаве пл.  $h_6^1$ , центральной панели (подвигание 200 м). На стадии промышленных испытаний способа проводились подготовительные работы во 2-м восточном откаточном штреке пл.  $h_{10}$  шахты им. Калинина в районе скв. №2 (пройдено 120м), при ведении очистных работ в 1-й западной лаве пл.  $h_6^1$  шахты им. Скочинского в районе скв. №2 (подвигание 190 м) и в 1-й восточной лаве пл.  $h_8^1$  шахты №21-бис ш/у им. 9-й пятилетки (подвигание 90 м).

Комплекс наблюдений включал в себя определение рабочей влажности угля, поинтервальные замеры начальной скорости газовыделения и выхода штыба при бурении шпуров, определение остаточной газоносности, крепости и прочности угля, проведение газовых съёмок. По динамике газовыделения определялась безопасная глубина выемки. Комплекс наблюдений начинался не менее чем за 100 м до проектной границы зоны гидрорасчленения.

В результате гидрорасчленения в зонах влияния скважин №1 и №2 шахты им. Скочинского произошло увеличение зоны разгрузки пласта: по нижней нише в 1,42 и 1,28 раза, а по средней части лавы 1,95 и 1,28 раза соответственно. Влияние гидрорасчленения по верхней нише прослеживается только по скв. №1. Безопасная величина выемки увеличилась в 1,34 раза. Сква. №2 не оказала влияния на верхнюю часть лавы длиной 20–25 м. в связи с тем, что точка ее пересечения смещена от проектной на 40–50 м по падению пласта.

Анализ результатов комплекса исследований по определению эффективности гидрорасчленения позволил отменить локальные противовыбросные мероприятия – гидрорыхление на участке размером 40×40 м ведения очистных работ в средней части 1-й западной лавы центральной панели в зоне влияния скв. №1. Было установлено, что безопасная глубина выемки в лаве увеличилась в среднем на 1,5 м. Увеличение безопасной глубины выемки в 1,25 раза отмечено также на участке отмены локальных мероприятий в средней части лавы размером 70×170 м. в зоне влияния скв. №2.

Участок, обрабатывавшийся 4-й восточной лавой пл.  $h_{10}$  шахты им. Калинина, был до проведения работ по гидрорасчленению законсервирован в связи с отсутствием надежных противовыбросных мероприятий. На участке лавы с расстояния 140 м. до скв. №1 от верхней ниши и 1600 м. от нижней ниши величина начальной скорости газовыделения стала в 4 раза ниже, чем на необработанном участке, где произошло 10 выбросов, а газоносность угля на поверхности забоя снижена на 30–47% (из скважины извлечено около 1 млн. м<sup>3</sup> метана в перерасчете на 100%-ый метан). За период освоения скважины пластовое давление на расстояниях от скважин 106, 105, 95, 120 м. снижено соответственно с 42, 38, 48 и 47 атм. до 6, 8, 15 и 8 атм. При входе горных работ в зону гидрорасчленения глубина захвата комбайна была увеличена с 0,4 до 0,8 м; в средней части лавы в связи с неустойчивой кровлей было пройдено три присечки на отбойный молоток с прогнозом по скорости газовыделения без каких-либо мероприятий. Следует отметить, что лава на всем протяжении работала в условиях значительной мелкоамплитудной нарушенности, изменения мощности пласта и угла падения.

Таким образом, учитывая сложную ситуацию возникающую в связи с необходимостью интенсификации введения очистных работ с помощью высокопроизводительных комплексов на угольных шахтах Украины при значительном повышении безопасности горных работ, способ заблаговременного многостадийного силового воздействия с поверхности на разрабатываемый высокогазоносный выбрасоопасный угольный массив способен обеспечить

решение проблем эффективной работы на отдельных предприятиях угольной отрасли в Украине.

**Выводы:**

1. Направленные изменения состояния пласта в конкретных условиях могут быть достигнуты многостадийным воздействием на угольные пласты (толщи) на основе гидрорасчленения и последующего выборочного, последовательного применения различных комбинаций воздействий, которые позволят привести угольные пласты (толщ) в состояние, обеспечивающее безопасную разработку месторождения (шахтного поля).

2. Важное значение имеет то обстоятельство, что в целом ряде случаев более эффективным и экономичным может оказаться региональное приведение опасного угольного пласта в неопасное состояние, осуществляемое со значительным опережением по времени по отношению к горным работам. В данном случае месторождение заблаговременно подготавливается к безопасной и экономичной разработке.

3. Многостадийное воздействие может быть произведено не только через специальные, но и через геологоразведочные и дегазационные скважины ранее пробуренные с поверхности.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ржевский В.В., Братченко Б.Ф., Бурчаков А.С., Ножкин Н.В. Управление свойствами и состоянием угольных пластов с целью борьбы с основными опасностями в шахтах. – М.: Недра, 1984. – 327 с.
2. Щербинин В.Н. Исследование влияния гидрорасчленения и микробиологического воздействия на состояние угольной толщи в целях совершенствования борьбы с внезапными выбросами угля и газа. / Дисс. канд. техн. наук. – М.: МГИ, 1976.
3. Пучков Л.А., Сластунов С.В., Коликов К.С. Проблемы метана угольных месторождений при их заблаговременной дегазационной подготовке. – М.: Изд-во МГГУ, 2001.
4. Ножкин Н.В. Заблаговременная дегазация угольных месторождений. – М., Недра, 1979.
5. Москаленко Э.М., Алексеев А.Д., Пестряков Б.В., Спожакин А.И. «Применение водного раствора полимеров для улучшения газодинамического состояния угольного пласта.» М., журнал «Уголь Украины», №12. – 1976.
6. Ножкин Н.В., Сластунов С.В. Заблаговременная подготовка к безопасной разработке шахтных полей // «Безопасность труда в промышленности», № 4. – 1990.