

Канд. техн. наук П.Е. Филимонов
(АП «Шахта им. А.Ф.Засядько»),
доктора техн. наук Ю.И. Кияшко,
В.Г. Шевченко
(ИГТМ НАН Украины)

ОСОБЕННОСТИ ОТРАБОТКИ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ ЛАВАМИ В УСЛОВИЯХ ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД

Представлено результати узагальнення досліджень і досвіду роботи лав в умовах газонасичених масивів гірських порід.

FEATURES LONGWALL MINING EXCAVATION SITES IN GAS-SATURATED ROCK MASSES

The results of the generalization of research and work experience in a lava gas-saturated rock masses.

За последние 15 лет суточные нагрузки на комплексно-механизированные лавы выросли с 500-700 до 1500-2000, а иногда превышают 6000 т. Увеличились габариты выемочных участков. Длины лав выросли со 180-220 до 250-350 м. Там, где позволяют условия шахтёры увеличили протяженность выемочных столбов. Если раньше их длины составляли 900-1200 м, то в настоящее время они выросли до 1,5-2 км и продолжают тенденционно увеличиваться. По мере отработки пластов и в силу иных причин усреднённая глубина ведения горных работ ежегодно увеличивается на 10-15 м. Всё чаще включают в отработку нижележащие пласты, вскрывая выходы газа из вмещающих пород. Таким образом ежегодно не уменьшаются объёмы и интенсивность процессов деформации и разрушения массивов горных пород, вмещающих лавы и примыкающие к ним выработки. Как следствие на многих шахтах растут высвобождающиеся из массивов горных пород объёмы газов, потенциально способных выйти и выходящих в рабочие пространства выработок.

Мощности пластов, ежегодно вынимаемых очистными комплексами в шахтах Украины, как правило, находятся в диапазоне значений от 1 до 2 м. Ещё 20-25 лет назад при нагрузках 500-700 т/сут и длинах лав 180-220 м их подвигания были от 1,25 до 3,0 м/сут при вынимаемых мощностях пластов, соответственно, 2 и 1 м. Таким образом отход лавы, например, на расстояние A^* , равное ее длине L , при скоростях подвигания 1,25 и 3 м/сут в среднем осуществлялся за 5 и 2,5 месяца. Известно, что при $A=L$ лава формирует в кровле и почве так называемый «квадрат посадки» и при этом происходит, как правило, первое после отхода от разреза обрушение пород основной кровли и повышенное поднятие пород почвы. В настоящее время скорости подвигания многих лав существенно выросли – 3,3÷9, а иногда и более м/сут, поэтому первое обрушение пород основной кровли может произойти в течение от 3 до 1 месяца работы лавы, в среднем 1,5-2 месяца. В работе [1] и других показано, что общая мощность подвижных слоёв кровли (ПСК) над лавой, например в условиях шахты им. А.Ф. Засядько, достигает в большинстве случаев 40÷60 вынимаемых мощностей пла-

ста. Поэтому в период первого генерального обрушения объём ПСК может достигать в условиях пластов с мощностью $m = 1-1,5$ м, от 3,6 до 5,4 млн. m^3 , а при пластах с $m = 1,5 \div 2$ м – от 5,4 до 10,8 млн. m^3 . За 1,5-2 месяца работы современной лавы может произойти ситуация, когда в активное деформирование и разрушение вовлекаются части массива горных пород объёмом несколько млн. m^3 . Из опыта работы современных лав в шахтах высокой категорности по метану и сверхкатегорных известно, что расход газа на выемочном участке составляет около 100 m^3 /мин или 4,32 млн. m^3 в месяц. За 1,5-2 месяца работы такой лавы объём выделяющегося метана составит, соответственно, 6,48-8,64 млн. m^3 . Обратим внимание на сходство между величинами объёмов метана и пород кровли, вовлечённых в активную деформацию и разрушение: 6,48-8,64 млн. m^3 метана против 5,4-10,8 млн. m^3 боковых пород. Отношение этих величин равно 1,2-0,8, т.е. ориентировочно 1:1. Это даёт нам определённое право считать, что в лавах с высокими нагрузками из вмещающих их массивов пород, представленных высокогазоносными песчаниками и пропластками (пластами) угля – газовыми коллекторами на каждый m^3 вовлеченных в активную деформацию и разрушение пород выделяется более 1 m^3 метана и других газов. Получив такую условную константу, можно естественным образом классифицировать системы «лава-массив горных пород» по таким признакам: габариты выемочных участков, нагрузка на лаву, удельная газоотдача массива горных пород в период после 1-го обрушения основной кровли. Например так:

А) выемочные участки ВУ небольших габаритов (длина L лавы до 200 м, длина V_c выемочного столба до 1200 м), нагрузка A на лаву до 1000 т; удельная газоносность $\psi_{v/v}$ массива горных пород до $0,5 m^3/m^3$;

Б) ВУ небольших габаритов, A до 1000 т, $\psi_{v/v}$ более $0,5 m^3/m^3$;

В) ВУ небольших габаритов, A более 1000 (чаще 1500-2500 и более т), $\psi_{v/v}$ более $0,5 m^3/m^3$;

Г) ВУ небольших габаритов, $A > 1000$ т, $\psi_{v/v}$ более $0,5 m^3/m^3$;

Д) ВУ крупногабаритные (длина L лавы от $200 \div 250$ до 350 и более м, длина V_c выемочного столба от $1200 \div 1500$ до 2000 и более м); $A < 1000$ т; $\psi_{v/v} < 0,5 m^3/m^3$;

Е) ВУ крупногабаритные, $A < 1000$ т; $\psi_{v/v} < 0,5 m^3/m^3$;

Ж) ВУ крупногабаритные, $A > 1000$ т; $\psi_{v/v} < 0,5 m^3/m^3$;

З) ВУ крупногабаритные, $A > 1000$ т; $\psi_{v/v} > 0,5 m^3/m^3$.

Прогнозируемые к началу 2013 года особенности отработки выемочных участков в шахтах Украины, например, на пологом падении следующие:

– объём проводимых вскрывающих и подготавливающих выработок к концу 2012 года составит 350-375 км; это даст возможность подготовить к началу 2013 года до 60 очистных забоев, например, с габаритами выемочных участков 200...240x1000...1400 м и до 40...45 лав с габаритами 230...300x1400...1800 м; возможны варианты по параметрам, количеству и соотношению числа различных лав;

– для достижения уровня добычи угля по шахтам Украины 40...45 млн. т, надо, чтобы каждая из 40...45 лав стабильно добывала 2-2,5 тыс. т в сутки, что

обеспечит к концу 2012 года их вклад на уровне 30,0...40,0 млн. т, а каждая из 60 лав со средними нагрузками стабильно добывала не менее 700-750 т в сутки, обеспечивая до 15 млн. т угля в год в целом по этой группе лав;

– до 70% шахт будут добывать уголь в тяжелых условиях, осложнённых различными факторами; метанообильность этой группы шахт будет находиться в доверительном диапазоне величин 15...20 м³, на каждую добытую шахтой т угля, о чем свидетельствуют результаты работ, изложенные в [2,3] и других источниках, в лавах некоторых шахт – им. Засядько, «Комсомолец Донбасса», «Краснолиманская», «Красноармейская-Западная №1», шахтах ПО «Макеевуголь» и других, метанообильность уже превышает и будет превышать 20 м³/т, что требует специального подхода к выбору большинства их технологических параметров и о чем изложено в работах [4,5] и других;

– площади сечений выемочных штреков (в проходке) на большинстве шахт находятся и будут находиться в диапазоне величин 11-13 м² в ряде случаев достигая значений 15 и более м²;

– опыта повторного использования выемочных штреков и их надёжного поддержания позади забоев подвигающихся лав явно не достаточно, чтобы упоминать о тенденциях этих весьма перспективных, по нашему мнению, направлений развития очистных работ на отечественных шахтах; существует положительный – уже промышленный опыт применения анкерного и рамно-анкерного крепления выемочных штреков и других выработок в условиях шахт ОАО «Павлоградуголь», «Донецкуголь», «Луганскуголь» и на ряде других предприятий;

– на шахтах им. Засядько, «Краснолиманская», «Комсомолец Донбасса» и некоторых других накоплен значительный опыт применения фланговых и иных выработок, проводимых дополнительно к классическому варианту «лава-два выемочных штрека». Сейчас эти выработки используются как отдельные элементы систем дегазации выемочных участков при их отработке в условиях высокогазоносных массивов горных пород.

Учитывая изложенные и другие особенности отработки выемочных участков, можно обобщить полученные сведения в виде комплекса математических моделей, позволяющих определить, а затем сопоставить расчётные параметры и данные эксплуатации лав при изучении процессов деформирования и разрушения массива горных пород в увязке с характеристиками процессов фильтрации газа, например так, как это предлагают авторы работы [4] и другие. Нарушенность массива горных пород (МГП) и его проницаемость флюидами различной природы связаны и определяются его геологической структурой, габаритами выемочных участков, темпами их подготовки и отработки, принятой схемой вентиляции, дегазации, газоудаления и другими особенностями. Превалирующими в начале разрушения пород кровли являются особенности деления ее целостных до начала подработки блоков. При этом важное значение имеют удаленность от лавы, мощность и другие характеристики прочного слоя, маркирующего массив горных пород, так называемой породы-«моста». Прогибы, трещинообразование, опускание, разрывы, деление и другие виды деформаций

этого слоя (или их отсутствие) являются основными причинами, определяющими характер разрушения пород, залегающих между «мостами» и отработанной частью пласта. Эти же причины определяют перемещения вышележащих над «мостом» пород и Земной поверхности. Естественно, что таких расположенных друг над другом «мостов» может быть несколько. Поэтому вариантов совмещенных и/или последовательных во времени разрушений элементов всей толщи массива горных пород может быть много.

Нами рассмотрен один из наиболее вероятных вариантов строения МГП, при котором над одиночным пластом залегает ложная и непосредственная кровля, причем последняя примыкает в верхней части к породе-«мосту» – наиболее прочному слою во всей структуре. От породы-«моста» и до Земной поверхности МГП представлен такими же породами, как в непосредственной кровле (рис. 1).

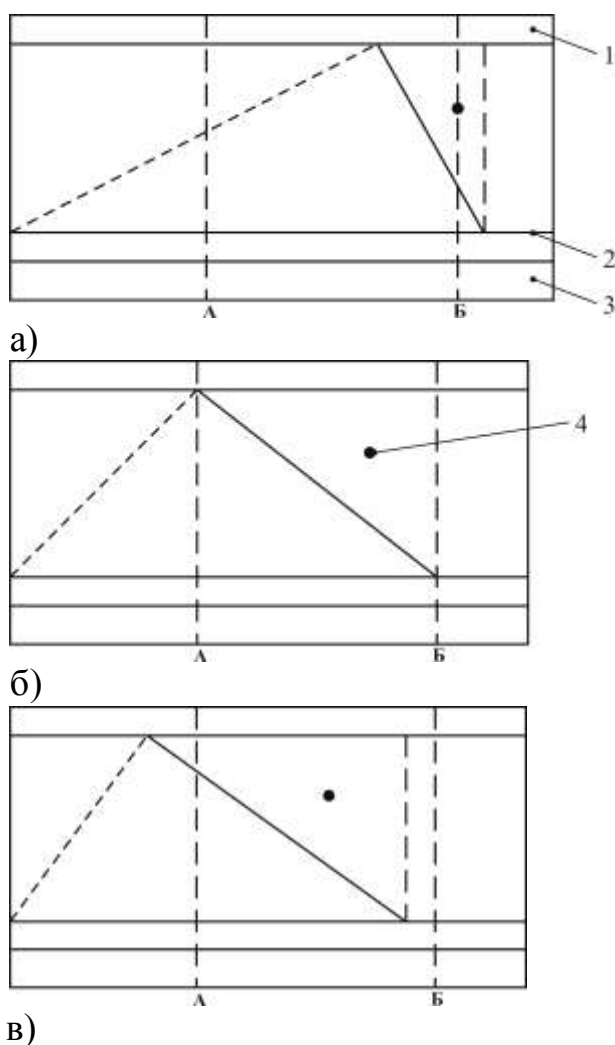


Рис. 1 – К пояснению различий в разрушении массива горных пород при продолжительности отработки участка АБ выемочного столба: а – в течение 250 сут; б – 50 сут; в – 25 сут, где 1 – порода «мост», 2 – угольный пласт, 3 – порода «фундамент», 4 – центр «козырька», нависающего над рабочим и выработанным пространством

Первая общая особенность нарушения первоначальной целостности рассматриваемого массива горных пород при отработке пласта длинной лавой состоит в том, что независимо от скорости ее подвигания в диапазоне 1-20 м/сут,

кровля как и почва пласта разделяются отдельно на трещиноватые целостные (верхние) и отдельно – на интенсивно разрушающиеся (нижние) части, как это показано на рис. 1. Это подтверждается результатами работ [1-4] и других. Почва, соответственно – на нижнюю трещиноватую целостную и верхнюю разрушающуюся части.

Подразумевается, что стадии разрушения кровли – это растрескивание и деление трещиноватого блока на 2 крупные части, условно разделенные диагональю на верхнюю и нижнюю (см. рис. 1), затем – нижней части на более мелкие части, потом – деление мелких частей на куски и т.д. до небольших кусочков, мелочи и пыли.

Вторая особенность заключается в том, что превалирующее количество содержащегося в массиве горных пород газа выделяется по причине и одновременно с началом его нарушения, растрескивания и разрушения. Чем больше разрушен массив, тем больше газа из него выделяется.

Третья особенность в том, что трещиноватая верхняя часть кровли постепенно разрушается и становится нижней частью, естественно, с ростом выхода газов из неё. Причём процесс разрушения идет независимо как в направлении силы тяжести подработанной части массива горных пород, так и в плоскостях, проходящих через вектор этой силы и перпендикулярных ему, а также в других направлениях. Кроме этого, в течение некоторого длительного промежутка времени подработанная часть массива горных пород разрушается независимо от подвигания лавы и периодов ее простоя. Интенсивности разрушения этой части и выхода газов в эти периоды различные.

Опираясь на сформулированные особенности заметим, что достаточно подготовить выемочный участок, а также отработать относительно небольшую часть пласта, и процессы разрушения, а, значит и выхода газа из массива горных пород в образующиеся между его частями различные полости, уже невозможно остановить до нового равновесия МГП.

Отметим также, что в зависимости от скорости подвигания лавы соотношения между объёмами трещиноватой целостной (верхней) и интенсивно разрушающейся (нижней) частями массива будут различными и будут изменяться в течение времени отработки выемочного столба, а также после его отработки. Это своеобразное «дыхание» боковых пород по мере подвигания лавы, при котором идёт уменьшение объёма целостной части и рост объёма разрушенной. По аналогии с кровлей разрушается и почва пласта, только это происходит менее интенсивно и имеет ряд особенностей.

Учитывая общие особенности разрушения МГП, можно связать его основные качественные и количественные характеристики с параметрами подготовки и отработки пласта. Наиболее общие характеристики МГП такие: наличие или отсутствие породы-«моста» (ПМ) в кровле на расстоянии, определяемом коэффициентом K_p разрыхления пород непосредственной и ложной кровли под «мостом»; свойства породы-«моста»; свойства пород непосредственной кровли (НК) и ложной кровли (ЛК). Прежде всего это их разрушаемость при подвигании лавы; газоносность породы-«моста», которая, как геологический элемент,

является часто еще и мощным коллектором газов в отличие от пород НК и ЛК; общая газоносность в системе ПМ-НК-ЛК, которая определяется ещё и газоносностью угольных пропластков (если они есть); свойства пород слагающих почву пласта, соответственно, непосредственной почвы (НП) и ложной почвы (ЛП) по аналогии с породами кровли; свойства мощного и крепкого (прочного) слоя в почве, названного нами порода-«фундамент» по аналогии с породой-«мостом». Случаи выхода лёгких газов через «фундамент» в выработки во множестве зафиксированы в практике производства горных работ. Эти случаи приурочены к фактам того, что, например, при подработке действующей лавы той, которая расположена ниже ее по глубине, «фундамент» действующей лавы является «мостом» нижней лавы; этот «мост» при отработке разрушился и когда стали отрабатывать действующую лаву, то в ее рабочем пространстве и штреках появились газы, идущие по трещинам в почве из разрушенного «фундамента». Кроме этого к числу характеристик МГП относится обводнённость, тектоническая нарушенность, склонность к пылеобразованию, выбросоопасность, наличие плувыносодержащих областей и другие.

К параметрам лавы, которые связаны с характеристиками разрушения МГП и выхода газов из него, относятся прежде всего скорость ее подвигания и длина, а также вынимаемая мощность пласта. Важной характеристикой отработки выемочного столба является её непрерывность, оцениваемая отношением времени очистной выемки к общему по добыче угля в течение, например, декады или месяца. Или отношением средней скорости подвигания лавы в течение декады или месяца к скорости выемки пласта. Общими характеристиками системы «лава – выемочная выработка – газонасыщенный МГП» являются: проницаемость различных частей МГП, давление газа при разрушении «моста» и «фундамента», давление газов в рабочем пространстве лавы, в вентиляционном штреке и на его сопряжении с лавой. Кроме этого – скорость и плотность упаковки при самоподбуртовке пород непосредственной кровли, скорость вовлечения лавой боковых пород в активное разрушение, связанная с ее длиной, прогибы и уровень нарушенности «моста» и «фундамента», скорости и моменты поворота «козырька» непосредственной кровли (см. рис. 1 – фигуры, отмеченной жирной точкой), скорость упругого или принудительного поднятия «фундамента» с разрушением непосредственной почвы, а также ряд других характеристик.

В соответствии с предложенной классификацией систем «лава – газонасыщенный массив горных пород» технические требования к совершенствованию технологии отработки пластов такие.

В варианте А достаточно соблюдать нормативный уровень проветривания лавы и вентиляционного штрека, т.е. поддерживать его сечение, например, охранными полосами или другими конструкциями на сопряжениях «лава – штрек». В случаях, если сечение трудно сохранять крепью, возможны подрывка почвы штрека, прокладка целевых газоотсасывающих трубопроводов, другие мероприятия.

В варианте Б, в зависимости от особенностей МГП и при высоком уровне газовыделения, целесообразно применять поэтапно прямо- и возвратно- точные схемы проветривания выемочного участка (ВУ) с выпуском газа во фланговую выработку. При необходимости – осуществлять опережающую и текущую дегазацию МГП, возможна и постэксплуатационная. Если условия отработки лав соответствуют или сходны с условиями, например, шахт им. Засядько или «Комсомолец Донбасса», целесообразно перенять у них опыт производства дегазационных работ.

В варианте В характер требований, изложенных к варианту Б, рекомендательный.

В варианте Г требования как и к варианту Б, однако более жесткие, учитывая высокие нагрузки на лаву и большую газоносность МГП. Здесь также рекомендуется применять системы газоотсоса из выработанных пространств как действующей, так и соседней отработанной лав, осуществлять другие дегазационные процессы.

В варианте Д, учитывая большие габариты выемочного участка, даже при небольшой газоносности МГП, целесообразно упредить возможный выход газов из пород под «мостом» и из-под «фундамента». Такой случай зафиксирован в шахте «Степная» ОАО «Павлоградуголь». Здесь в полном объеме должны быть использованы требования, как к варианту Б. Кроме этого, целесообразен отбор газа из газоносных геологических объектов с применением опережающей дегазации.

В варианте Е при небольших нагрузках на лаву и газоносности МГП целесообразно соблюдать требования как в варианте А.

Учитывая большую нагрузку на лаву в варианте Ж при относительно небольшой газоносности МГП, целесообразны рекомендации как к варианту Д.

Самый опасный вариант З, когда нагрузка на лаву, габариты выемочного участка и газоносность МГП высокие и очень высокие.

Для этого варианта обязательны:

– управление схемами проветривания: прямоточная; возвратноточная с выпуском газа на фланговую выработку; возвратноточная с выпуском газа через отрезок вентиляционного штрека в основные выработки газоудаления из шахты;

– предварительная дегазация геологических газосодержащих объектов (ГГО), в том числе, пород под «мостом» и под «фундаментом», соответственно, из верхнего и нижнего горизонтов;

– системы газоотсоса из выработанных пространств как действующей, так и соседней отработанной лав, в том числе, свечей;

– системы текущей дегазации из массива горных пород впереди забоя лавы и в зоне ее «окна»;

– дегазация геологических газосодержащих объектов над флангами отработанной лавы при подготовке нового выемочного столба;

– рациональные схемы повторного использования элементов систем дегазации и газоотсоса.

Выводы. Объёмы газов, готовых к выходу в рабочее пространство выработок в пределах выемочного участка, находятся в прямой зависимости от длины действующей лавы. Современная лава вовлекает в течение месяца работы в активное разрушение несколько млн. м³ пород, залегающих в кровле и почве вынимаемого пласта. Замечено, что при работе лавы в высокогазоопасных боковых породах, разрушении каждого их м³ сопровождается выходом в выработанные пространства не менее 1 м³ газов. При этом разрушение 1 м³ отдельного элемента массива горных пород, например, угольного пласта, пропластка, части слоя высокогазоносного песчаника и ряда других может сопровождаться выходом более 20 м³ газа. Координаты расположения эпицентров разрушения массива пород кровли в выработанном пространстве подвигающейся лавы относительно её забоя и выхода из них газов находятся вблизи друг от друга. Это основное условие выбора схем дегазации, проветривания и управления пылегазовым режимом в пределах выемочного участка работ действующей лавы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прогноз метановыделения из подработанного углепородного массива кровли в выработки выемочного участка / В.В. Лукинов, А.П. Клец, Б.В. Бокий, И.А. Ефремов // Уголь Украины, 2011. - №1. – С 50-53.
2. Эффективность комплексной дегазации лавы при высокой нагрузке на очистной забой / И.А. Ефремов, Б.В. Бокий, В.В. Лукинов, О.И. Касимов // Геотехническая механика. – Днепропетровск, 2005. – вып. 53. – С.38-43.
3. Лукинов В.В. Прогнозная оценка извлекаемых ресурсов подвижного метана природных и техногенных скоплений на угольных месторождениях / В.В. Лукинов // Геолог Украины. 2009. - №3. – с. 45-48.
4. Геомеханические аспекты решения проблем добычи угля с высокими нагрузками на лаву / В.В. Виноградов, Б.М. Усаченко, Ю.И. Кияшко, С.И. Скипочка, В.В. Лукинов // Юбилейный сборник научных трудов института Донгипроуглемаш. Донецк, Астро, 2008. – стр. 204 – 214.
5. Экспериментальные исследования в промышленных условиях параметров способов проведения подготовительных выработок смешанным забоем по пологим угольным пластам с применением гидродинамического воздействия / В.Г. Золотин, Д.П. Силин, П.Е. Филимонов., Г.И. Кончин // Геотехническая механика – Днепропетровск, 2010. - №89, с. 43-48.

Д-р техн. наук Д.М. Житленок,
инж. А.С. Крышнев
(ГП «Дзержинскуголь»)
кандидаты техн. наук А.П. Петух,
В.Г. Золотин
(ИГТМ НАН Украины)

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА ВИБРАЦИОННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА НЕГО ЧЕРЕЗ ВМЕЩАЮЩИЕ ПОРОДЫ

Наведено результати експериментальних досліджень в промислових умовах шахт способу управління станом вуглепородного масиву шляхом вібраційної дії на при забійну частину вугільного пласта через вмещуючі породи.

RESULTS EXPERIMENTAL RESEARCH FOR CONTROL OF COALBED CONDITION BY DINT OF VIBRATIONS INFLUENCE IT ACROSS HOST ROCKS

The results of experimental studies in industrial environments mining method for controlling condition coal massif by vibrations influence well bottom part of the coalbed through the host rocks.

При разработке угольных пластов в горном массиве у границь виробаного простору формуються зона неупругих деформацій, розміри якої в значительній мірі передопределяють динамічні проявлення горного тиску. Збільшення розмірів зони неупругих деформацій в пласті, і тим самим передотвращення динамічних проявлень горного тиску, здійснюється з допомогою розгрузочних пазів і щелей, гидроразрывом пласта, камуфлетним или сотрясательним взриванням. Однак, вказані способи не завжди ефективні. В зв'язі з цим був запропонований вібраційний спосіб управління станом угольного пласта шляхом вібраційного впливу системою гидравлических вібраторів на пласт через вмещуючі породи.

Експериментальні випробування даного способу проводились на шахтах «Комсомолець Донбасу» ГП «Шахтерскантрацит», «Торецька» і «Северна» ГП «Дзержинскуголь», розробляють відповідно пласти l_7 , k_5^1 - «Подпяток» і l_2^1 - «Кирпичевка». Мощність пластів 1,0-1,1; 0,85-1,15 і 0,09 м. Угол падіння – 3; 43; 55°. Предел прочности на сжатие 15, 19 і 13 МПа. Природна газообильність пластів 29, 10 і 5 м³ на 1 т суточної добычі.

Кровля і почва пласта l_7 представлена алевролитами з межами прочности на сжатие ($\sigma_{сж}$) 60-100 МПа, мощність яких змінюється відповідно в межах 6,4-13,0 і 3,5-4,5 м. В кровлі пласта k_5^1 залягають рівнопрочні ($\sigma_{сж} = 30\div 40$ МПа), глинисті сланці мощністю 10 м. Кровля пласта l_2^1 також представлена глинистим сланцем мощністю 10 м, а почва – перемещуючимися сляями глинистого і песчаного сланців мощністю 0,4-2,0 м. Предел прочности пород кровлі і ґрунту на сжатие ($\sigma_{сж}$) 30, 90-100 МПа.

На шахті «Комсомолець Донбасу» дослідження проводились в ніші забою