

DOI: 10.26730/1999-4125-2017-6-89-96

УДК 622.831.323

**ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА  
ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ИЗ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ  
ВЫРАБОТОК**

**INNOVATIVE METHODS OF INTENSIFICATION OF THE PROCESS  
OF DEGASSING OF COAL SEAMS OF PREPARATORY WORKINGS**

**Клишин Владимир Иванович<sup>1</sup>,**

член-корреспондент РАН, директор Института, E-mail: klishinbi@icc.kemsc.ru

**Klisiin Vladimir I.<sup>1</sup>,** corresponding member of RAS, Director of Institute

**Тащиенко Александр Леонидович<sup>2</sup>,**

главный горняк

**Tacienko Aleksandr L.<sup>2</sup>,** main miner

**Опрук Глеб Юрьевич<sup>1</sup>,**

кандидат техн. наук, научный сотрудник

**Opruk Gleb Yu.<sup>1</sup>,** Cand. Sc., researcher

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского Отделения Российской академии наук, 650065, Россия, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10.

<sup>1</sup> Federal Research Center of Coal and Coal chemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 10, Leningradsky Ave., Kemerovo, 650065, Russian Federation

<sup>2</sup> СУЭК-Кузбасс, 652507, Россия, г. Ленинск-Кузнецкий, ул. Васильева, 1.

<sup>2</sup> SUEK-Kuzbass, 1, Vasilyeva St., Leninsk-Kuznetsky, 652507, Russian Federation

***Аннотация.** Обоснована актуальность применения поинтервального гидроразрыва угольного пласта для интенсификации дегазации. Разработана технологическая схема для реализации поинтервального гидроразрыва угольного пласта. Предложено оборудования для проведения мероприятий по интенсификации дегазации.*

***Abstract.** The actuality of application of interval hydraulic fracturing of the coal seam to intensify degassing. The technological scheme for the implementation of the interval hydraulic fracturing of the coal seam. The proposed equipment for carrying out measures on intensification of degassing.*

***Ключевые слова:** дегазационная скважина, пластовая дегазация, поинтервальный гидроразрыв, устройство разрыва угольного пласта.*

***Keywords:** degassing borehole, formation, degassing, fracturing interval, the unit gap of the coal seam.*

В угледобывающей промышленности России сложилась парадоксальная ситуация, когда технические возможности средств очистной выемки на пологих пластах в несколько раз превышают допустимую нагрузку на лаву по газовому фактору. Вследствие малого объема дегазационных работ и недостаточной эффективности схем дегазации на многих газообильных шахтах России сохраняется газовый барьер, препятствующий достижению высоких скоростей проведения выработок и больших нагрузок на очистные забои. Основная причина в снижении скорости проходки подготовительных и нарезных выработок, скорости продвижения очистных комплексов, а также безопасности горных работ заключается в слабой эффективности применяемых способов шахтной подземной и наземной дегазации (менее 20%), что

обусловлено малой природной газопроницаемостью углей и, следовательно, низкой газоотдачи пласта. Об этом свидетельствуют катастрофические проявления выбросов метана, повторяющиеся в различных угледобывающих регионах мира.

Согласно современным представлениям, угольный пласт является газовым коллектором трещиновато-пористого типа, разделенным естественными макротрещинами на отдельные блоки. Коллекторские свойства угольного пласта определяются емкостными параметрами низкопористой матрицы его блочных структур, содержащих основное количество связанного метана, который может перемещаться к трещинам в диффузионном режиме при разгрузке пласта. Исследованиями установлено многообразие форм связи метана с углем: адсорбция, абсорбция, хемосорбция, «меж-

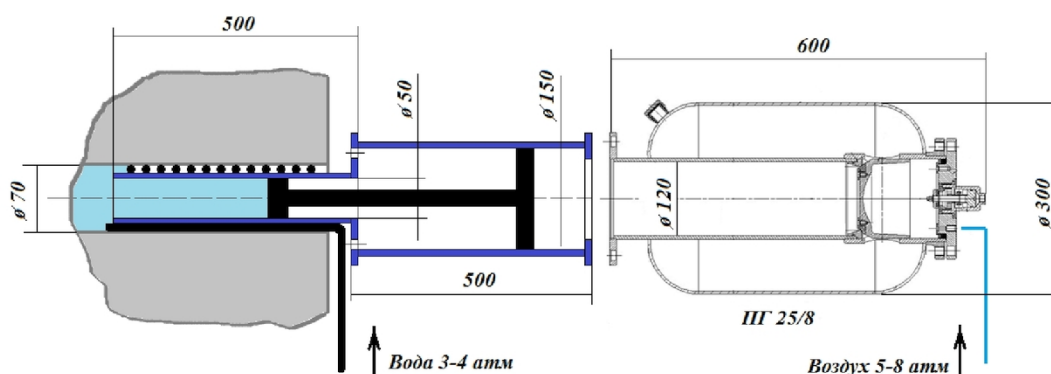


Рис. 1. Схема установки для импульсного гидродинамического воздействия

кристаллический метан», твердые углегазовые растворы и т.п.

В угольной промышленности России и в ряде зарубежных стран за исходную точку дегазации разрабатываемых угольных пластов принят показатель метаносности пласта равный  $13 \text{ м}^3/\text{т}$  с.б.м. (сухой беззольной массы). В Кузбассе он неуклонно возрастает, начиная с глубин залегания пластов 100–150 м [1]. Для повышения производительности очистных забоев и обеспечения безопасности условий труда в шахтах по газовому фактору необходимы не только надёжные способы дегазации угольных пластов, но и должно быть создано специальное оборудование, что является предметом широкого обсуждения научной общественностью [2...9].

Радиус воздействия на массив через отдельную дегазационную скважину в существующих способах дегазации крайне мал и требует расширение зоны воздействия из одной скважины за счёт новых инновационных методов интенсификации процесса дегазации угольных пластов.

В 1957 году Ножкин Н.В. предложил, по аналогии с нефтяными технологиями, использовать метод воздействия на угольный массив направленным гидрорасчленением пласта с поверхности. В дальнейшем этот метод в различных вариантах пытаются применить из подземных горных выработках через существующие дегазационные скважины. Нагнетанием флюида производится раскрытие систем естественной трещиноватости — преимущественно двух-трех, ориентированных в одном направлении.

Для повышения трещиноватости углепородного массива при скважинной дегазации, предложен метод импульсного гидродинамического воздействия [10]. Сущность данного способа заключается в том, что в добычной или в соседней скважине, заполненной жидкостью, создается импульс давления (гидроудар) с амплитудой до 100 атм и продолжительностью 10 – 20 мс. для повышения трещиноватости в зоне воздействия. Данная технология позволяет проводить щелевую разгрузку массива путем создания в углепородном

массиве трещин гидроразрыва, поскольку создаваемый импульс давления превышает пределы прочности угля и пород на растяжение.

В основу предлагаемой технологии скважинной дегазации заложен метод периодического импульсного гидродинамического воздействия на внутренние стенки дегазационной скважины. Пневмогенератор (рис. 1) присоединяется к скважине через мультипликатор давления, поскольку генератор рассчитан на сравнительно небольшое давление (не более 8 атм), то для повышения давления используется принцип мультиплицирования давления при помощи двухступенчатого поршня. В исходном положении поршень мультипликатора находится в крайнем правом положении под действием давления воды.

Проведенные в [11,12] исследования виброчувствительности горных пород показали, что газоотдающую способность неразгруженных угольных пластов можно повысить путем улучшения их коллекторских свойств на основе метода низкочастотного сейсмического воздействия.

Под действием продолжительной сейсмической вибрации в угольном пласте значительно активизируются процессы хрупкого микроразрушения твердого скелета угля, находящегося в допредельном напряженном состоянии, что ассоциируется с увеличением трещиноватости пласта и сопровождается проявлением в нем эффекта сейсмоакустической эмиссии (увеличивается шумность пласта).

В результате увеличения трещиноватости блочных структур пласта, увеличивается активная поверхность и газопроницаемость их порового пространства, что способствует разрушению связей в системе «уголь – метан» и переходу последнего в свободное состояние.

Механизм вибросейсмического метода имеет синергетический характер, поскольку сейсмическое вибровоздействие является лишь «спусковым крючком», обеспечивающим увеличение трещиноватости и газопроницаемости угольного пласта с использованием непосредственно энергии горного давления углепородного массива.

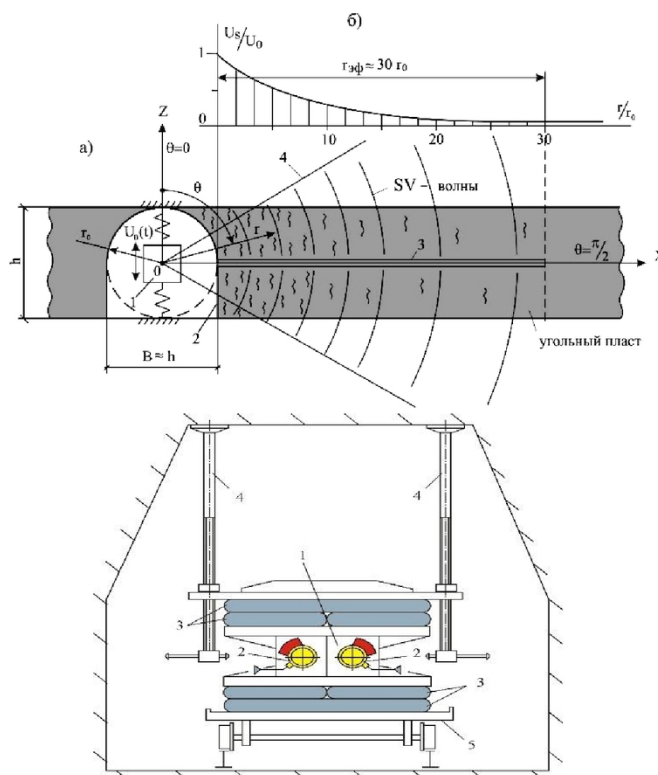


Рис. 2. Расчетная схема подземного сейсмического вибровоздействия на газоносный угольный пласт:

- а) схема установки, диаграмма направленности подземного виброисточника и график изменения амплитуды вертикально поляризованных поперечных SV – волн с расстоянием от горной выработки: 1 – виброисточник; 2 – штрек; 3 – дегазационная скважина; 4 – сейсмолучевая трубка SV – волн  
 б) конструктивная схема подземного виброисточника: 1 – дебалансный вибровозбудитель; 2 – пневмопривод дебалансов; 3 – резонансная пневмоупругая подвеска виброисточника; 4 – распорные стойки; 5 – транспортная платформа

Для шахтной дегазации наиболее приемлемой является схема сейсмического воздействия от подземного виброисточника (рис. 2а,б), установленного в горной выработке и обеспечивающего не только необходимую интенсивность и поляризацию, но и направленную локализацию («точечность») вибровоздействия на неразгруженный угольный пласт.

При волновом воздействии на пласт от виброисточника, установленного непосредственно в самом пласте, желательно использовать поперечные (сдвиговые) сейсмические S – волны, распространяющиеся по напластованию. Такую поляризацию распространяющихся в угольном пласте сейсмических волн может обеспечить виброисточник, установленный в распор между кровлей и почвой горной выработки и совершающей осциллирующие колебания в вертикальном направлении. При этом виброисточник будет излучать по напластованию поперечные S – волны с круговой диаграммой направленности и радиусом эффективного проникновения в пласт до 30 – приведенных радиусов горной выработки, а в почву и кровлю продольные P – волны.

Трещины развиваются в энергетически вы-

годном направлении, которое зависит от напряженного состояния массива и его трещиноватости. Учитывая, что под действием горного давления существующие наиболее развитые трещины по напластованию (вдоль простирания), остаются прижатыми, стоит задача создания трещин гидроразрыва, ориентированными поперек скважины (вкрест простирания угольного пласта). В такие трещины газ подпитывается из трещин напластования. Кроме того, под действием горного давления происходит раскрытие вновь созданных трещин. Для повышения эффективности предварительной дегазации неразгруженных пластов угля до начала очистных работ и текущей дегазации разгружаемых от горного давления угленосных толщ разработан принципиально новый способ получения максимального дебита скважины - способ направленного поинтервального гидроразрыва дегазационной скважины. Для осуществления метода разработаны специальные технические средства. С механической точки зрения направленный поинтервальный гидроразрыв приводит к образованию дренажных каналов высокой проводимости и протяженностью в окрестности скважин за счет раскрытия естественных нарушений при рас-

пространении новых трещин [13...17].

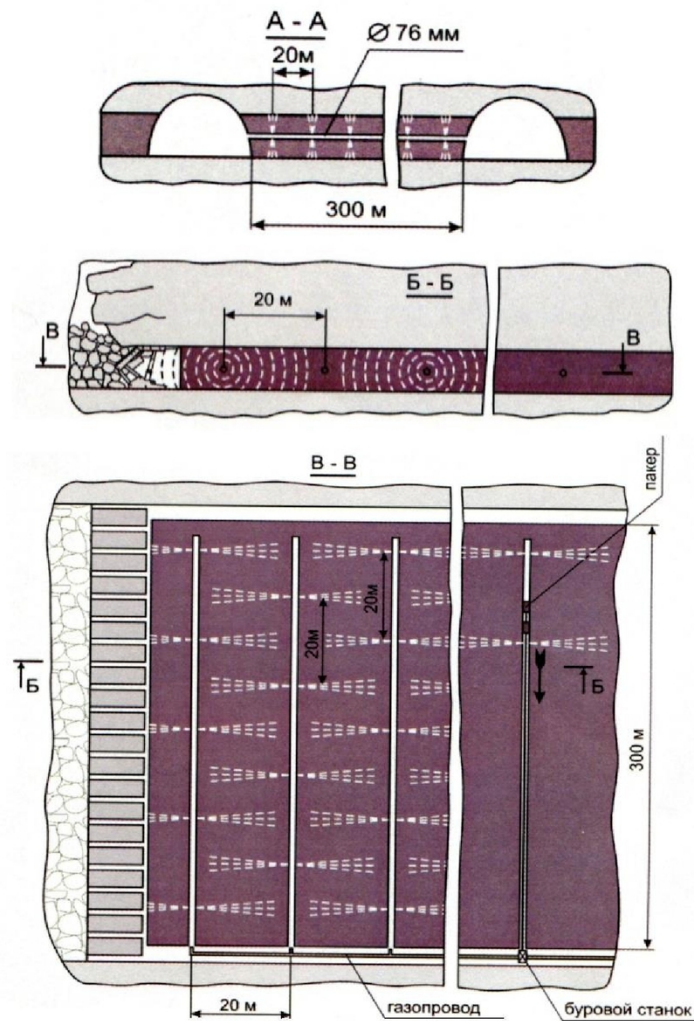


Рис.3. Схема проведения поинтервального гидроразрыва пласта

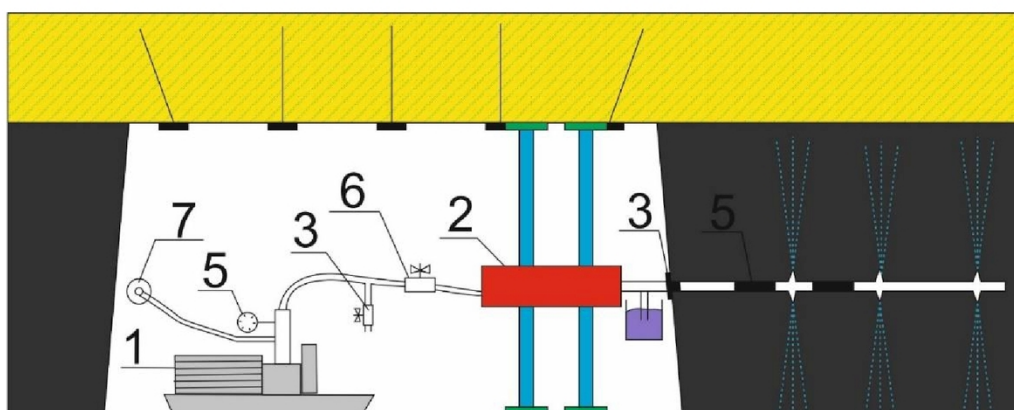


Рис.4. Технологическая схема: 1 - Насос УАВ2М160 (патент № 128658), 2 - буровой станок (патент №88058, №103837), 3 - уплотнитель устья, 4 - Пакер (патенты №133871, №123064), 5 - манометр, 6 - вентиль высоконапорный, 7 - противопожарный трубопровод (ПТОТ);

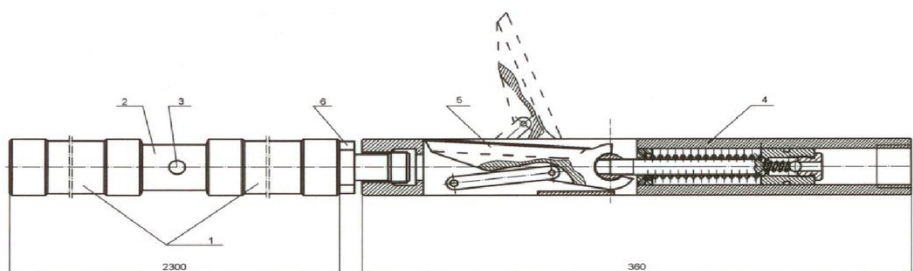


Рис. 7. Комплекс направленного гидроразрыва

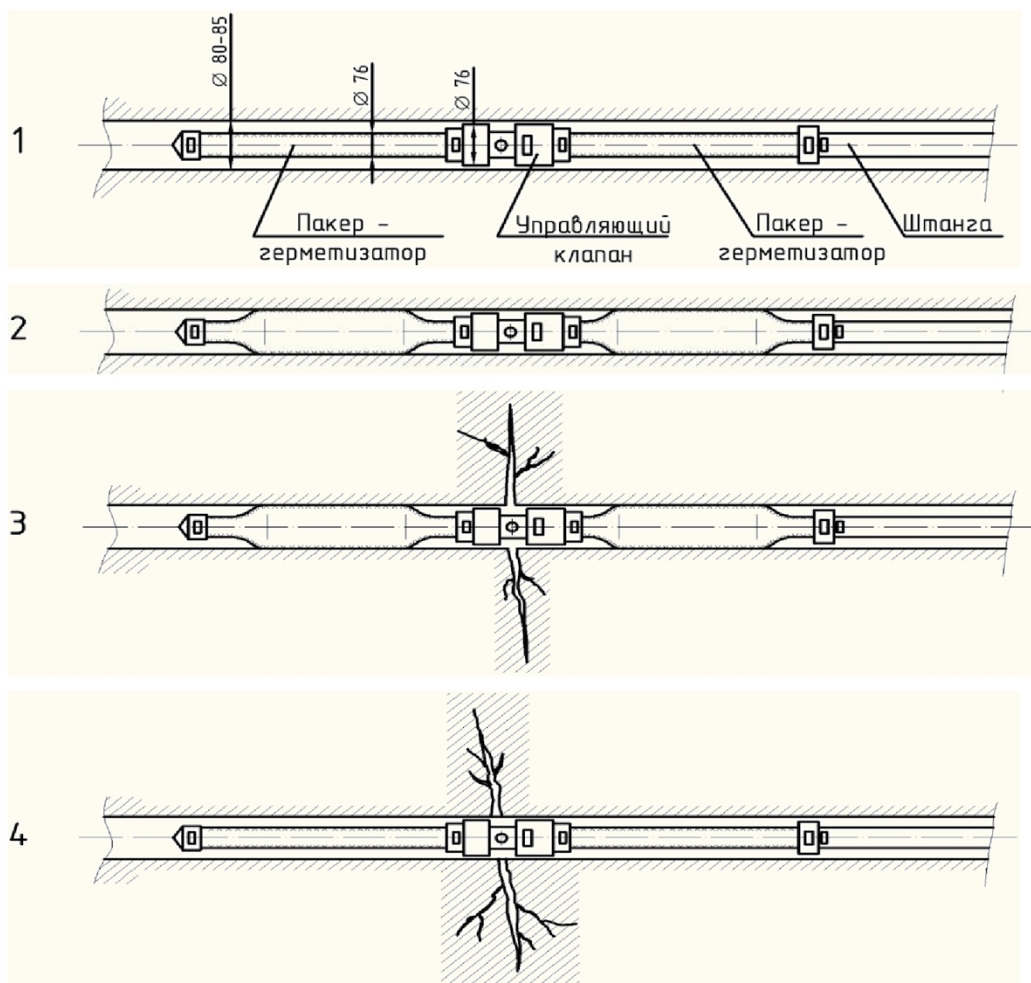


Рис. 8. - Технологическая схема реализации поинтервального гидроразрыва угольного массива: 1 – ввод пакера в скважину; 2 - герметизация скважины; 3 – гидрорасчленение угольного массива; 4 – разгерметизация скважины и перемещение пакера

Технологией дегазации предусматривается проведение серии скважин, в которых с помощью специального бурового устройства прорезаются инициирующие щели. Поскольку массив горных пород находится в напряжённом состоянии, то в окрестности щелей происходит концентрация напряжений, способствующая направленному разрушению пласта. После подачи воды под давлением в каждую скважину, в угольном пласте происходит его гидроразрыв и образуются строго ориентированные трещины. Поинтервальный гидроразрыв формирует дренажные каналы значи-

тельной протяжённости в окрестности скважин, повышая коллекторские свойства угля. Получить такой эффект можно без создания инициирующих щелей.

Предлагаемая технология может быть реализовано по следующей схеме ориентированного поинтервального гидроразрыва для интенсификации процесса газовыделения метана в дегазационные скважины и технические средства (буровые станки насосные станции, пакеры) его осуществления (рис. 3,4).

В ИГД СО РАН было разработано оборудование для шпуров диаметром 45 мм – уравновешенный герметизатор (рис. 5а) с новым типом клапана (рис. 5б), позволяющим повысить надежность герметизации нарезаемой иницирующей щели с двух сторон и механический щелеобразователь (рис. 6), способный создавать в угольном массиве иницирующие щели диаметром более 140 мм.

Предложен и разработан комплекс направленного гидроразрыва угля для сквозного шпура, включающий параллельно соединенные через вертлюг щелеобразователь и транзитный пакер, состоящий из двух уплотнений с золотниковым клапаном, расположенным между ними (рис. 7). После проходки сквозного шпура с нижележащего штрека до верхнего, на буровую штангу вместо коронки устанавливается комплекс. При этом сначала щелеобразователь, на который, через вертлюг, крепиться с возможностью вращения двухсторонний пакер, а с другой стороны пакера подсоединяется рукав высокого давления, соединенный с насосом. В дальнейшем буровые штанги опускаются на выбранную величину (не менее длины двухстороннего пакера), а в уплотняющие элементы от насоса подается давление, что позволяет зафиксировать пакер и вращением штанги и давлением от насоса нарезается иницирующая

щель. Затем давление в уплотняющих элементах транзитного пакера сбрасывается и комплекс перемещается вниз таким образом, чтобы иницирующая щель находилась между уплотняющих элементов. Это позволяет производить направленный гидроразрыв и прорезание очередной щели, далее процесс повторяется. Он состоит из двух герметизаторов 1 соединенных межпакерным клапаном 2 с выходным отверстием 3 и щелеобразователя 4 с гидравлически управляемым выходом режущего ножа 5. Щелеобразователь связан с герметизаторами посредством вертлюга 6, позволяющего ему свободно вращаться относительно неподвижных герметизаторов.

В условиях ООО «Шахта «Тырганская» на втором подэтаже 5-го и 6-го орта были проведены шахтные испытания комплекса направленного гидроразрыва угля для шпура (тупикового) без выхода на поверхность для разупрочнения угля в технологии гидродобычи. Установлено, что создание направленных трещин через выбранные промежутки (в конце шпура чаще) позволило снизить сопротивляемость угля резанию струями воды из монитора и обеспечить его отбойку с выбранными параметрами камер. Кроме того, установлено, что создание в угольном массиве магистральных трещин методом ориентированного флюидоразрыва привело к значительному выде-



Рис.5. Уравновешенный герметизатор

а) внешний вид щелеобразователя: 1, 2 – уплотнительные элементы; 3 – клапан; 4 – наконечник; 5 – присоединительная муфта; б) клапан: 1 – золотник; 2 – рабочая пружина; 3 – втулка; 4 – уплотнение; 5 – отверстие для прохода рабочей жидкости; 6 – стакан; 7 – уплотнение



Рис.6. Внешний вид щелеобразователя: 1 – резец; 2 – корпус

лению метана из скважины. В течение 5 минут новые средства его реализации. Выполнены лабо-



Рис.9. Разрывное устройство и имитатор угольной скважины: 1,2- упруго расширяющиеся рукава, 3-межпакерный клапан, 4-наконечник запорный, 5-муфта присоединительная; 6- имитатор угольной скважины; 7 – манометр (МПА).

после разрыва последней трещины количество газа увеличилось от 0,5-0,7% до 5% и выше. Выполненные исследования позволят утверждать, что в настоящее время назрела необходимость и созданы предпосылки для создания научных основ, технологических решений и прототипов технических средств, предназначенных для интенсификации добычи метана с целью снижения опасности внезапных выбросов газа.

В ИУ ФИЦ УУХ СО РАН предложен метода поинтервального гидроразрыва пласта (рис. 8) и

раторные исследования (рис. 9) и первые экспериментальные в условиях угольной шахты.

#### Заключение

Проведенные исследования свидетельствуют, что поинтервальный гидроразрыв угольного пласта с созданием инициирующих щелей или без них позволяет в десятки раз увеличить интенсивность газовыделения из дегазационных скважин за счет образования новых трещин или расширения и углубления естественных трещин.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трубецкой К.Н., Рубан А.Д., Забурдяев В.С. Методология обоснования способов и параметров дегазации угольных шахт // ФТПРПИ. – 2011. – № 1.
2. Трубецкой К.Н., Гурьянов В.В. Повышение эффективности подземной разработки высокогазонасыщенных угольных месторождений на основе организации совместной добычи угля и метана // Уголь, 2003, № 9, с. 3-6.
3. Рубан А.Д., Забурдяев В.С., Забурдяев Г.С., Матвиенко Н.Г. Метан в угольных шахтах и рудниках России: прогноз, извлечение и использование. – М.: ИПКОН РАН, 2006. -312с
4. Ножкин Н.В. Заблаговременная дегазация угольных месторождений. – М.: Недра, 1979 -271с.
5. Сергеев И.В. Забурдяев В.С. и др. Управление газовыделением в угольных шахтах при ведении очистных работ. – М.: Недра, 1992. – 256с.
6. Сластунов С.В. Заблаговременная дегазация и добыча метана из угольных месторождений. – М.: Изд-во МГГУ, 1996. -441с.
7. Малышев Ю.Н., Худин Ю.Л., Васильчук М.П. и др. Проблемы разработки метаноносных пластов в Кузнецком угольном бассейне. – М.: Изд-во Академии горных наук, 1997. -463с.
8. Пучков Л.А., Сластунов С.В., Федунец Б.И. Перспективы добычи метана в Печорском угольном бассейне. – М.: Изд-во МГГУ, 2004. -557с.
9. Пучков Л.А., Сластунов С.В., Презент Г.М. Перспективы промышленного извлечения угольного метана / Л.А.Пучков, С.В.Сластунов, Г.М.Презент // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Изд-во МГГУ, - 2002. - № 6. - с. 6-10.
10. Быкадоров А.И., Звезгинцев В.И., Шабанов И.И., Разумов Е.А., Лобков С.В. Способ интенсификации газоотдачи метана при дегазации угольных пластов. С. 281-284

11. N.V.Makarjuk, V.I.Klishin, M.V.Kurlenja. Physico-technical aspects of rockburst prevention on the basis of vibroseismic impact / International scientific-technical Symposium "Rock bursts-2002", p. 279-288.

12. Макарюк Н.В., Клишин В.И., Золотых С.С. Исследование влияния виброчувствительности горных пород на метаноотдачу угольных пластов при вибросейсмическом воздействии // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Изд-во МГТУ, № 6, 2002, с. 66-70.

#### REFERENCES

1. Trubeckoj K.N., Ruban A.D., Zaburdjaev V.S. Metodologija obosnovanija sposobov i parametrov degazacii ugol'nyh shaht // FTPRPI. – 2011. – № 1.

2. Trubeckoj K.N., Gur'janov V.V. Povyshenie jeffektivnosti podzemnoj razrabotki vysokogazonosnyh ugol'nyh mestorozhdenij na osnove organizacii sovmestnoj dobychi uglja i metana // Ugol', 2003, № 9, s. 3-6.

3. Ruban A.D., Zaburdjaev V.S., Zaburdjaev G.S., Matvienko N.G. Metan v ugol'nyh shahtah i rudnikah Rossii: prognoz, izvlechenie i ispol'zovanie. – М.: IPKON RAN, 2006. -312s

4. Nozhkin N.V. Zablagovremennaja degazacija ugol'nyh mestorozhdenij. – М.: Nedra, 1979 -271s.

5. Sergeev I.V. Zaburdjaev V.S. i dr. Upravlenie gazovydeleniem v ugol'nyh shahtah pri vedenii ochistnyh rabot. – М.: Nedra, 1992. – 256s.

6. Slastunov S.V. Zablagovremennaja degazacija i dobycha metana iz ugol'nyh mestorozhdenij. – М.: Izd-vo MGGU, 1996. -441s.

7. Malyshev Ju.N., Hudin Ju.L., Vasil'chuk M.P. i dr. Problemy razrabotki metanonosnyh plastov v Kuzneckom ugol'nom bassejne. – М.: Izd-vo Akademii gornyh nauk, 1997. -463s.

8. Puchkov L.A., Slastunov S.V., Fedunec B.I. Perspektivy dobychi metana v Pechorskom ugol'nom bassejne. – М.: Izd-vo MGGU, 2004. -557s.

9. Puchkov L.A., Slastunov S.V., Prezent G.M. Perspektivy promyshlennogo izvlechenija ugol'nogo metana / L.A.Puchkov, S.V.Slastunov, G.M.Prezent // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. – М.: Izd-vo MGGU, - 2002. - № 6. - s. 6-10.

10. Bykadorov A.I., Zvegincev V.I., Shabanov I.I., Razumov E.A., Lobkov S.V. Sposob intensifikacii gazootdachi metana pri degazacii ugol'nyh plastov. S. 281-284

11. N.V.Makarjuk, V.I.Klishin, M.V.Kurlenja. Physico-technical aspects of rockburst prevention on the basis of vibroseismic impact / International scientific-technical Symposium "Rock bursts-2002", p. 279-288.

12. Макарюк Н.В., Клишин В.И., Золотых С.С. Исследование влияния виброчувствительности горных пород на метаноотдачу угольных пластов при вибросейсмическом воздействии // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Изд-во MGGU, № 6, 2002, с. 66-70.

Поступило в редакцию 14.11.2017

Received 14.11.2017