

УДК 622.267

Телегуз А. С., ведущий инженер лаборатории геофизических исследований  
горного массива  
Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН  
г. Кемерово

## КОНТРОЛЬ ГИДРОРАЗРЫВА ТРУДНООБРУШАЕМОЙ КРОВЛИ СПЕКТРАЛЬНО-АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Подземная выемка угля на пластах с труднообрушаемой кровлей с применением механизированных комплексов и длинностолбовой системы отработки сопряжена с рядом трудностей, возникающих по причине зависания и последующего крупноблочного обрушения основной кровли.

При зависании основной кровли растет горное давление на целики угля и краевые части пласта, растет ширина зоны опорного давления, происходит раздавливание пород непосредственной кровли, максимум зоны опорного давления переносится вглубь массива [2, с. 229]. При крупноблочном обрушении основной кровли возникает опасность горных ударов и других связанных с ними аварийных ситуаций.

Для предотвращения зависания основной кровли пласта на больших площадях применяется метод направленного гидроразрыва (НГР), который заключается в создании искусственной направленной трещины в породах основной кровли. Направленная трещина способствует снижению шага посадки основной кровли и подбучиванию необрушившейся толщи пород (рис. 1, 2).

Метод направленного гидроразрыва применялся на шахте «Есаульской» в особо сложных горно-геологических условиях. Выемка запасов лавы 26-25бис производилась между двумя отработанными выемочными участками, ширина межлавного целика угля составляла 6 м. Метод НГР позволил снизить влияние опорного давления на целик, избежать его раздавливание и сохранить проектное поперечное сечение вентиляционного штрека 26-25 бис для изолированного отвода метановоздушной смеси [3, с. 177].

При применении метода НГР для создания направленной трещины зародышевую щель необходимо располагать в монолитном массиве, где нет ослабленных контактов, глинистых прослоев и зон с раскрытыми трещинами и перемятыми породами [1, с. 73], в противном случае велика вероятность отклонения трещины гидроразрыва от заданного направления.

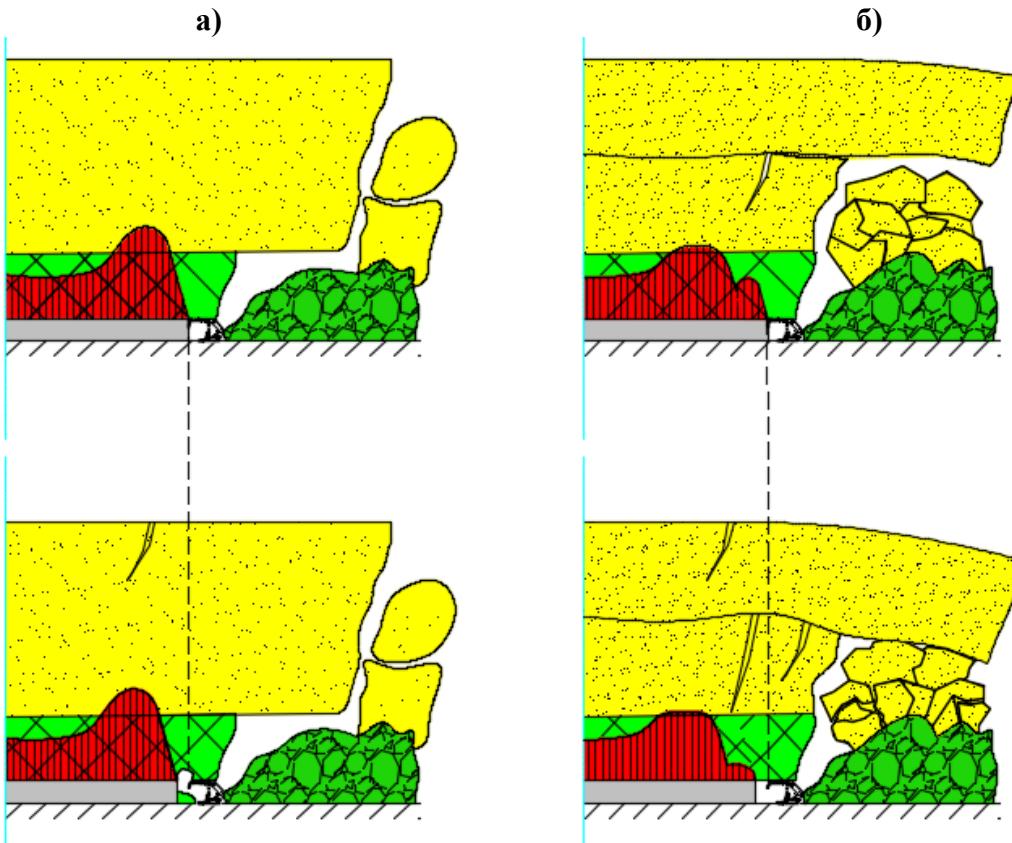
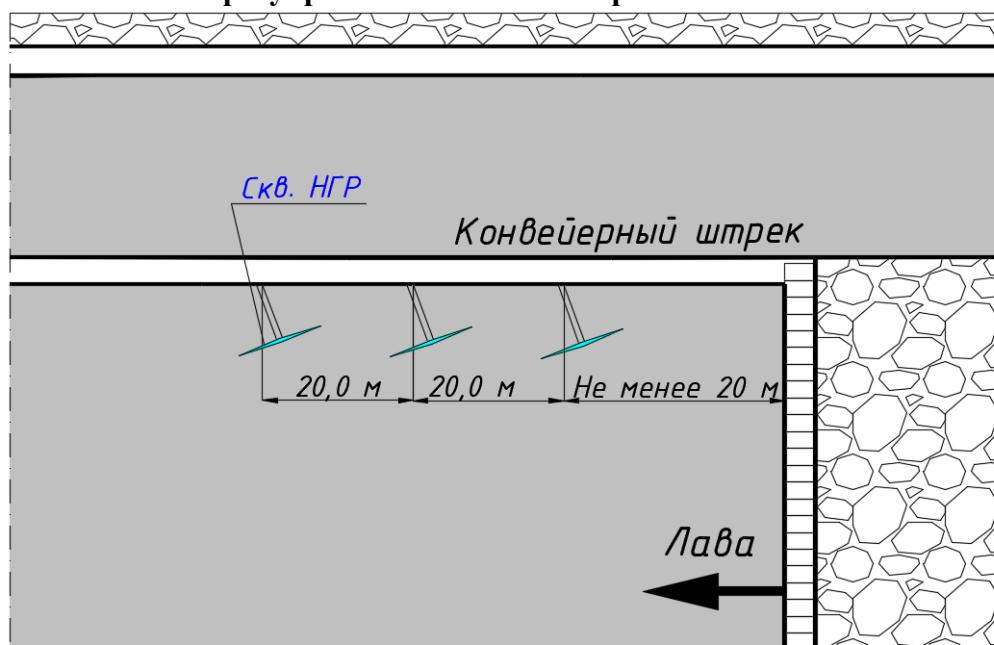


Рисунок 1. Схема формирования нагрузок на призабойную часть лавы с труднообрушающейся кровлей: а) - до разупрочнения основной кровли; б) - после разупрочнения основной кровли



**Рисунок 2. Схема НГР пород кровли из конвейерного штрека в целях  
снижения вторичных шагов посадки пород основной кровли.**

Для создания в скважине диаметром 46 мм зародышевой щели используется щелеобразователь ЦМ-45/1, диаметр полученной щели составляет 120 мм. Для герметизации скважины на глубине заложения щели используется армированный герметизатор длиной 1 м.

Текущие методы контроля эффективности работ по НГР следующие:

1. Наблюдения за показаниями манометра. Кратковременные скачки стрелки манометра говорят о появлении в массиве искусственных трещин: образовавшиеся трещины заполняются рабочей жидкостью, резко возрастает количество жидкости, поступающей в трещину, и давление на манометре, установленном в гидросистеме непосредственно перед устьем скважины, кратковременно падает. Величина и частота скачков давления позволяют качественно судить о возрастании радиуса распространения искусственных трещин, который достигает 20 – 35 м.
2. Контроль показаний расходомера. С увеличением объема и скорости нагнетания рабочей жидкости в трещину растет зона ее распространения.
3. Наблюдения за истечением рабочей жидкости из шпурков, соседних скважин НГР или трещин в кровле подготовительной выработки в зоне проведения работ позволяет судить о радиусе распространения трещины НГР.
4. Видеоэндоскопическое обследование соседних скважин НГР, из которых было отмечено истечение жидкости, дает возможность определить направление распространения трещины.

Недостатки методов контроля НГР:

1. При расположении зародышевой щели в зоне опорного давления от очистного забоя или вблизи нее, в процессе гидроразрыва есть вероятность появления «ложных» скачков давления на манометре, возникших в результате мгновенного перераспределение опорного давления в массиве пород кровли, вызванного развитием трещин под действием горного давления без участия жидкости.
2. В ряде случаев при проведении работ по НГР вся нагнетаемая жидкость по трещинам может уйти в завал за очистной забой или в выработанное пространство соседней лавы.
3. Все вышеперечисленные методы контроля не позволяют оценить влияние цикла гидроразрыва на напряженное состояние в призабойной зоне.

Метод акустических зондирований горного массива позволяет заблаговременно определить положение и интенсивность ослабленных межслоевых контактов в кровле пласта для определения места заложения зародышевой щели, а также судить об эффективности гидроразрыва путем

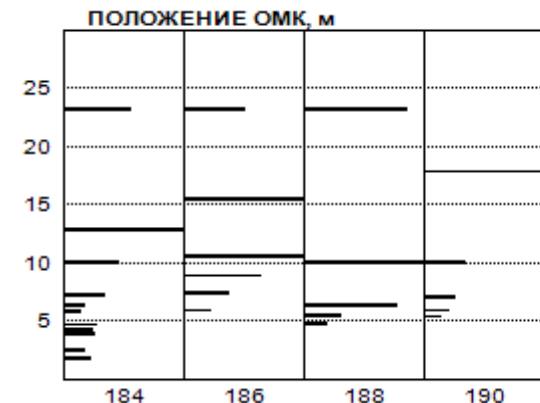
сравнения коэффициента относительных напряжений пород кровли, измеренного до и после гидроразрыва на локальном участке выработки.

Метод акустических зондирований использовался нами в качестве контроля эффективности до и после проведения работ по НГР пород основной кровли пласта 16 в условиях шахты «Юбилейной».

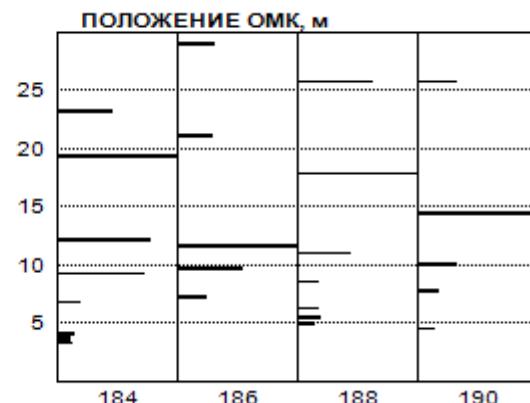
Регистрация и запись акустического сигнала производилась с помощью портативного искробезопасного регистратора РИПАС, обработка результатов акустического зондирования произведена в программе «Геоскан-РИВАС» согласно «Методике выполнения акустических зондирований горного массива с применением программно-аппаратного комплекса» [4].

На рисунке 3 представлены результаты обработки сейсмоакустических сигналов до и после направленного гидроразрыва на четырех участках вентиляционного штрека 16-17: ПК184, ПК186, ПК188, ПК190 (графики сформированы автоматически программой «Геоскан-РИВАС»).

## До гидроразрыва



## После гидроразрыва



**Рисунок 3. Результаты обработки спектра акустического сигнала, полученного до и после гидроразрыва пород кровли**

На графиках по оси «Х» номерами пикетов указаны участки заложения устьев скважин НГР на вентиляционном штреке 16-17. Работы по НГР на пикетах 184 и 186 были проведены 24 апреля 2017 г. Положение очистного забоя по вентиляционному штреку на момент исследований совпало с положением пикета 182, т.е. устья скважин находились на расстоянии 20 м и

40 м от очистного забоя. Работы по НГР на пикетах 188 и 190 были проведены 31 апреля 2017 г, расстояние от устьев скважин до очистного забоя также составило 20 м и 40 м.

График «Положение ОМК» указывает на расстояние от границы угольного пласта до ослабленных межслоевых контактов в кровле пласта в метрах. График «Интенсивность ОМК» отображает коэффициент интенсивности ослабленных межслоевых контактов. На последнем графике указан коэффициент относительных напряжений угольного пласта.

Результаты акустического зондирования до и после проведения работ по НГР вынесены в таблицу №1.

Таблица №1.

Наименование показателя	Пикет	Значения показателей	
		До НГР	После НГР
Положение ослабленных межслоевых контактов пород кровли от границы угольного пласта, м (диапазон)	184	2 - 23	3,5 – 23
	186	6 - 23	7 - 29
	188	5 - 23	5 - 26
	190	5 - 17	5 - 26
Коэффициент интенсивности ослабленных межслоевых контактов	184	0,3	0,62
	186	0,46	0,3
	188	0,39	0,52
	190	1,0	1,0
Коэффициент относительных напряжений угольного пласта	184	1,62	0,81
	186	0,97	0,74
	188	0,81	0,68
	190	0,70	0,50

Из результатов сравнения значений, представленных в таблице 1, следует:

- среднее значение величины зоны ослабленных межслоевых контактов (ОМК) возросло с 17 до 21 м, глубина распространения ОМК возросла с 23 м до 29 м;
- коэффициент интенсивности распространения ослабленных межслоевых контактов в среднем возрос с 0,54 до 0,61;
- на всех участках измерений снизился коэффициент относительных напряжений пласта, его среднее значение до проведения работ по НГР составляло 1,03, после – 0,68.

Таким образом, метод акустического зондирования позволяет оценить напряженное состояния пласта в призабойной зоне и судить об эффективности мероприятий по предотвращению зависаний пород основной кровли.

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-17-01143)».

### Список литературы

1. Инструкция по выбору способа и параметров разупрочнения кровли на выемочных участках. – Л., 1991. – 102 с. (М-во угольной промышленности СССР. Всесоюз ордена Трудового Красного Знамени НИИ горн. геомех. и маркшейд. дела).
2. Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений / В. И. Клишин, Л. В. Зворыгин, А. В. Лебедев, А. В. Савченко Рос. Акад. Наук, Сиб. Отд-ие, Ин-т горного дела. – Новосибирск: Издательский дом «Новосибирский писатель», 2011. – 524 с, илл.
3. Опыт применения направленного гидроразрыва пород кровли с целью обеспечения устойчивого состояния сохраняемой выработки в условиях шахты «Есаульская» / В. И. Клишин, Г. Ю. Опрук, А. С. Телегуз, П. А. Черноусов, А. В. Николаев - Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: Сибирский государственный индустриальный университет (Новокузнецк) №3 2017. – 5 с.
4. Методика выполнения акустических зондирований горного массива с применением программно-аппаратного комплекса. – Москва., 2016. – 36 с. (МНТЛ РИВАС).