

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НАПРАВЛЕННОГО ГИДРОРАЗРЫВА НА ИЗМЕНЕНИЕ ОБЪЕМА ПОРОВО-ТРЕЩИННОГО ПРОСТРАНСТВА КРОВЛИ ВЫЕМОЧНОГО СТОЛБА МАССИВА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОСВЕЧИВАНИЯ

Соколов С.В., научный сотрудник

Колмакова А.А., аспирант, инженер

Научный руководитель: Тайлаков О.В., д.т.н., профессор, заведующий лабораторией ресурсов и технологий извлечения угольного метана

Институт угля Федерального исследовательского центра угля и углехимии  
Сибирского отделения Российской академии наук

г. Кемерово

**Аннотация.** Рассмотрен подход к оценке влияния направленного гидроразрыва на объем порово-трещинного пространства кровли выемочного столба посредством применения метода сейсмического просвечивания. Представлены результаты применения данного метода на одной из угольных шахт Кузбасса. Описаны особенности распространения скоростных характеристик и интерпретированы зоны изменения физико-механических параметров исследуемого участка.

**Ключевые слова:** порово-трещинное пространство, сейсмическое просвечивание, гидроразрыв, скорость прохождения упругих волн, выемочный столб.

**Введение.** Высокая газоносность угольных пластов требует повышенного внимания при планировании горных работ. Это связано в первую очередь с безопасностью при ведении работ по добыче полезного ископаемого. Основным направлением дегазации является извлечение природного газа через скважины из предполагаемых горных выработок до начала ведения выемки угля [1,2]. Объем порово-трещинного пространства оказывает значительное влияние на скорость дегазации и полноту извлечения метана [3,4]. Для воздействия на физико-механические свойства выемочного столба широкое применение находит метод направленного гидроразрыва [2,3], заключающийся в разупрочнении пород при воздействии на них жидкости под высоким давлением. Информативным методом оценки такого воздействия является сейсмическое просвечивание из горных выработок.

**Методика проведения измерений и аппаратура.** Исследования по оценке влияния направленного гидроразрыва на изменение объема порово-трещинного пространства кровли выемочного столба массива выполнены на основе применения сейсмического просвечивания [5,6] на одной из угольных шахт Кузбасса. Для этого проведены измерения на одном и том же участке до и после гидравлического воздействия.

Для проведения геофизических исследований по борту вентиляционной печи намечены геофизические пикеты (ПК) с интервалом 10 м (рисунок 1). Регистрация данных проведена по линии вентиляционной печи, упругие колебания инициированы по линии конвейерной печи. Привязка геофизических пикетов к реальным условиям выполнена на основе предоставленных угледобывающим предприятием данных и исходя из фактического расположения горных выработок.

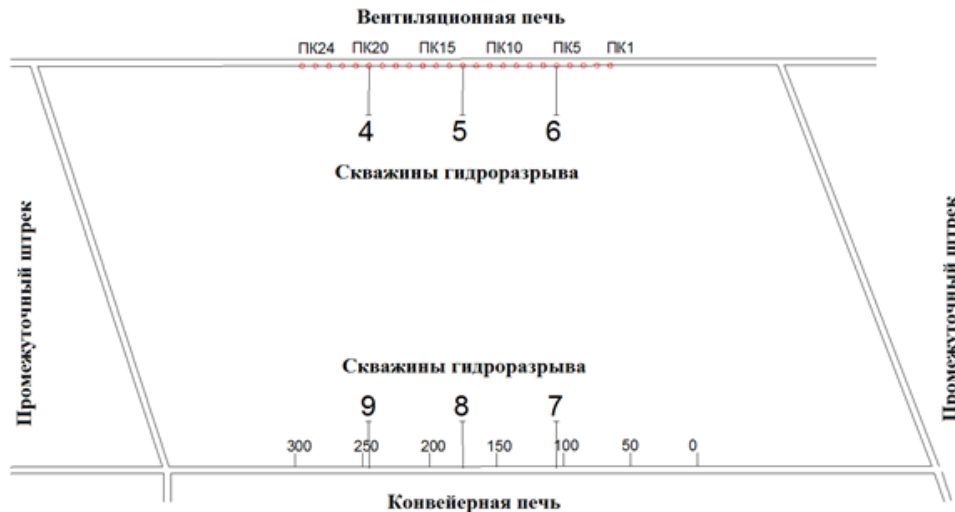


Рисунок 1 – Схема размещения геофизических пикетов приема и возбуждения колебаний в области выемочного столба

При выполнении полевого этапа исследований использован комплект специализированной сейсмической аппаратуры, состоящий из (рисунок 2):

- автономной сейсмической станции «РОСА-А»;
- геофонов GS-20DX.



Рисунок 2 – Комплект сейсмической аппаратуры:  
1) – автономная сейсмическая станция «РОСА-А»; 2) геофон GS-20DX.

Характеристики использованного оборудования и общие параметры, настраиваемые для измерительной аппаратуры, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики измерительного оборудования и общие настраиваемые параметры

Наименование	Назначение	Характеристики
Автономная сейсмическая станция «РОСА-А»	Реализация многоканальных систем наблюдения с неограниченным количеством пунктов приема сейсмических данных от различных источников возбуждения упругих колебаний	1) Количество каналов регистрации – 4 2) Максимальный объем накопителя Compact Flash – 2 GB 3) Разрядность АЦП измерительного канала – 24 4) Полоса регистрируемых частот – 0÷3200 Гц 5) Коэффициент усиления – 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36 дБ 6) Интервал дискретизации – 16, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125 мс
Геофон GS-20DX	Регистрация горизонтальных и вертикальных упругих колебаний	1) Собственная частота (Гц) – $8 \pm 5\%$ 2) Чувствительность по внутреннему напряжению (В*с/см) – $0,28 \pm 5\%$ 3) Смещение катушки индуктивности – 1,5 мм 4) Сопротивление катушки индуктивности (Ом) – $395 \pm 5\%$ 5) Искажение < 0,2%
Общие параметры измерения		1) Шаг дискретизации – 0,5 мс 2) Срез встроенного фильтра – 500 Гц

**Результаты исследований.** После проведения полевого этапа исследований, заключающегося в возбуждении упругих сейсмических колебаний в одной из параллельных горных выработок и регистрации их в другой, и камеральной обработки полученных сейсмических данных интерпретированы [7,8] следующие результаты:

1. До гидравлического воздействия на пласт. На момент обследования выемочный столб характеризовался скоростями прохождения сейсмических волн в интервале от 2,8 до 3,5 км/с с преобладающей скоростью 3 км/с (рисунок 3 а). Наблюдалась общая однородность свойств кровли и наличие контрастной зоны G с повышенными скоростными значениями, являющейся участком замещения пород непосредственной кровли песчаником.

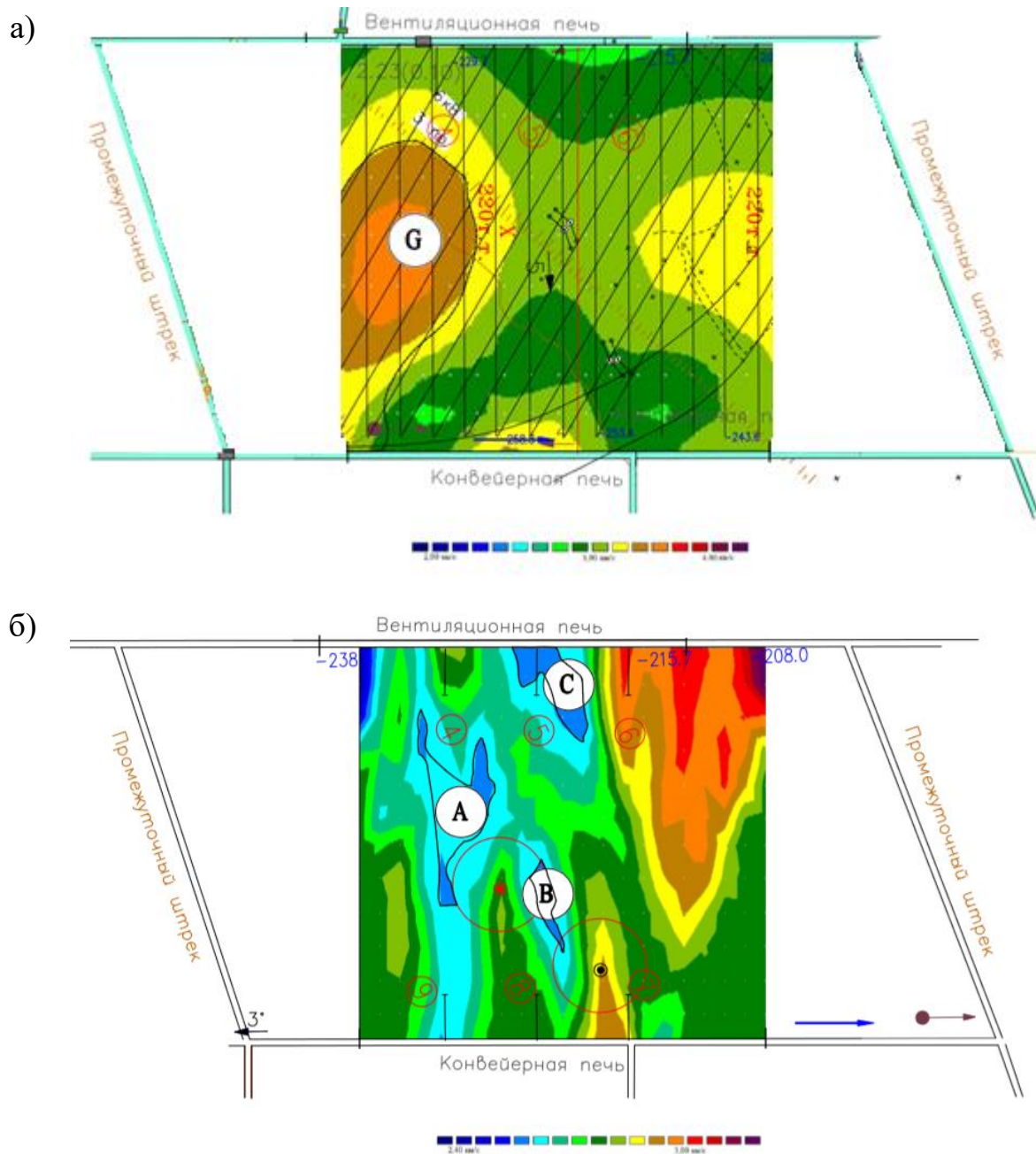


Рисунок 3 – Геофизический разрез распределения скоростных характеристик в области выемочного столба с нанесением зон с измененными характеристиками: а) до гидроразрыва; б) после гидроразрыва

2. После гидравлического воздействия. Повторное сейсмическое исследование в области выемочного столба позволило установить распределение скоростей прохождения сейсмических волн в пределах 2,5-3 км/с (рисунок 3 б). В районе проведения гидроразрыва скорость равна 2,7-3 км/с, что характеризует присутствие умеренно трещиноватой неустойчивой непосредственной кровли в данной области. На исследованном участке присутствуют области с пониженными сейсмическими скоростями в пределах 2,5-2,6 км/с А, В, С. В совокупности со снижением скоростей прохождения каналовых

сейсмических волн по углю данные зоны повышенной, относительно общего уровня, трещиноватости можно охарактеризовать как участки наиболее интенсивного притока метана.

Зона G с высокими сейсмическими скоростями, которая интерпретировалась как участок замещения пород непосредственной кровли песчаником, которая может являться проявлением труднообрушающейся, склонной к зависанию основной кровли, по итогам повторных измерений не зарегистрирована. Это можно объяснить произошедшей в результате выполнения гидро разрыва по скважинам №№ 7-9 разгрузкой кровли.

**Заключение.** Выполненные исследования подтверждают возможность применения метода сейсмического просвечивания для определения оценки влияния направленного гидроразрыва на объем порово-трещинного пространства кровли выемочного столба. Полученные результаты могут быть использованы для уточнения горно-геологических условий и разработки мероприятий, направленных на повышение эффективности угледобычи и безопасности ведения горных работ.

### Список литературы:

1. Коликов К.С., Бобнев Ю.Н. Эффективность дегазации при подработке мощного угольного пласта и методология оптимизации схем дегазации высокопроизводительных выемочных участков // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2005. № S1. С. 283-287.
2. Тайлаков О.В., Кормин А.Н., Уткаев Е.А. Оценка газоносности и проницаемости угольных пластов в шахтных условиях // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № S49. С. 148-157.
3. Тайлаков О.В., Уткаев Е.А., Смыслов А.И. Мониторинг параметров гидродинамического воздействия на угольный пласт в шахтных условиях // Наука и техника в газовой промышленности. 2018 №1 (73). С. 88-90.
4. Уткаев Е.А. О влиянии нарушения призабойной зоны скважины на фильтрационные характеристики угольного пласта // Метан: Сборник научных трудов по материалам симпозиума «Неделя горняка-2009». Отдельный выпуск Горного Информационно-аналитического бюллетеня. 2009 № ОВ11. С. 301-305.
5. Сейсмоакустический метод прогноза горно-геологических условий эксплуатации угольных месторождений // Н. Я. Азаров, Д. В. Яковлев. — М.: Недра, 1988.
6. Jean-Louis Briaud. Elements of Geophysics // Geotechnical Engineering: Unsaturated and Saturated Soils. 2013. Chapter 8.
7. Молев М. Д. Основные положения теории комплексной интерпретации результатов подземных геофизических исследований // Научно-технический журнал ГИАБ. — 2010. №1.
8. Азаров Н.Я., Яковлев Д.В. Сейсмоакустический метод прогноза горно-геологических условий эксплуатации угольных месторождений. — М.: Недра, 1988. — 199 с.