

УДК 550.834: 622.12

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШАХТНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ ДЛЯ ПРОГНОЗА ЗОН ПОВЫШЕННОГО ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ОТРАБАТЫВАЕМЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ ДОНБАССА

Глухов А.А., Компанец А.И., Педченко М.А.  
(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

*Наведено приклад використання методу сейсмічного просвічування для виявлення зон підвищеного гірського тиску на шахті ім. О.Ф. Засядька, що доводить можливість використання даного підходу для оконтурювання аномалії з метою вибору раціональних шляхів подальшої відробки.*

*Case study of using seismic transmission method to identify zones of increased rock pressure at A.F. Zasyadko Mine is described that demonstrates possibility of employing such approach for delimitation of anomaly with the aim of selecting efficient mining.*

Разведка угольных пластов представляет собою комплекс мер, предназначенных, в первую очередь, для обеспечения повышения уровня шахтной безопасности. Одной из этих мер, а именно прогнозированию зон повышенного горного давления посвящена данная статья.

Среди геофизических методов исследования напряженного состояния горного массива в последние годы широкое распространение получили шахтные сейсмоакустические методы [1-3]. Их использование основывается на том, что углепородный массив имеет слоистое строение с пониженными акустическими параметрами сейсмоакустических колебаний в угле по отношению к вмещающим породам. Такая природная закономерность приводит к каналированию энергии

сейсмоакустических колебаний в зоне угольного пласта и возможности анализа строения и физико-механических свойств углепородного массива с помощью сейсмоакустических методов.

В данной статье приведен пример использования метода сейсмического просвечивания для выявления зон повышенного горного давления на шахте Засядько, доказывающий возможность использования данного подхода для оконтуривания аномалии с целью выбора рациональных путей последующей отработки. Особое внимание уделено применению методов математического моделирования для выбора оптимальных условий проведения экспериментов.

Целью экспериментов был прогноз горно-геологических условий залегания угольного пласта  $l_1$  на участке 13 восточной лавы. Участок исследований располагался между 13 восточным вентиляционным штреком пл.  $l_1$  (ПК30–ПК40) и 13 восточным конвейерным штреком пл.  $l_1$  (ПК35–ПК48) 13-й восточной лавы (см. рис. 1).

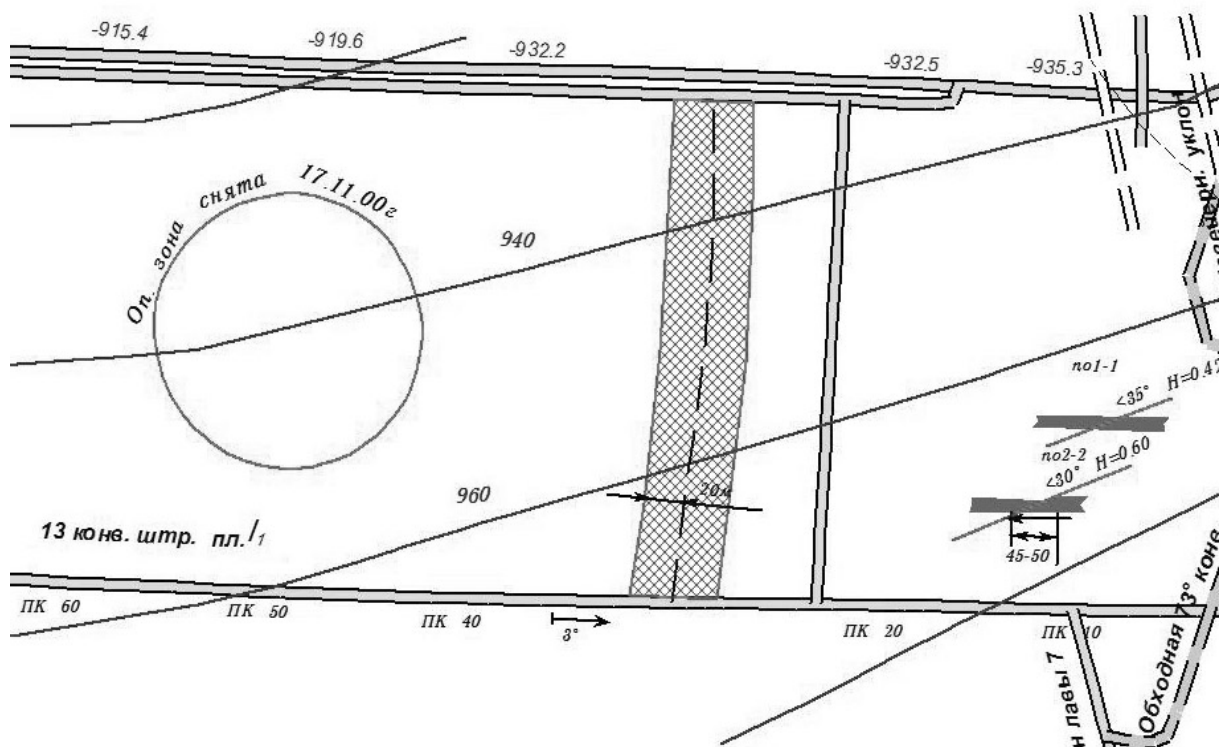


Рис.1. Схема электронного плана горных работ на рассматриваемом участке

Угольный пласт  $l_1$  марки «Ж» - кокс, сложного строения. На участке исследований пласт представлен углем, разделенным прослойками аргиллита (0,17 – 0,32 м) и песчаника (0,03 – 0,05 м). Мощность пласта изменяется в пределах от 1,73 до 2,24 метра. Залегание пласта спокойное, моноклиналиное, с углами падения 7 - 12°. Пласт опасен по газу, пыли, суфлярным выделениям метана, по внезапным выбросам угля и газа, склонен к самовозгоранию. В непосредственной кровле пласта залегает алевролит мощностью 0 – 3,0 метра и аргиллит мощностью 0 – 8,5 метра. Породы основной кровли представлены песчаником мощностью 19,5-21,0 метр. Песчаник крепкий, водоносный, трещиноватый. Выбросоопасный и газоносный. Непосредственная почва пласта представлена алевролитом мощностью 2,0 – 5,5 метра. Непосредственно под пластом – «кучерявчик» (0,2–0,5 м). Ниже залегает песчаник мощностью 6,4–27,0 метров, водоносный, выбросоопасный. Внутри слоя песчаник замещается алевролитом.

Согласно результатам предварительного теоретического анализа угольный пласт  $l_1$  представляет собой волновод сложного строения, состоящий из двух угольных пачек и аргиллита между ними. Мощность волновода составляет 1,7 – 2,25 м. На рис. 2 представлен пример теоретической сейсмограммы МСП, рассчитанной для модели горно-геологических условий залегания пласта  $l_1$  на участке между 13 восточным вентиляционным штреком пл.  $l_1$  и 13 восточным конвейерным штреком 13-й восточной лавы шахты им. А. Ф. Засядько, а на рис. 3 – обобщенный спектр сейсмограмм МСП, полученный в тех же условиях.

Для расчетов использовалась разработанная в УкрНИМИ методика и программные средства, подробно описанные в работах [4-6].

Волновое поле, формируемое в подобных условиях, имеет сложную структуру, состоящую из трех волновых пакетов. Первый из них (на рис. 2 он обозначен цифрой 1) – боковая волна сжатия с диапазоном частот от 40 до 180 Гц, время прихода которой соответствует скорости распространения сейсмических

волн сжатия в залегающем в основной кровле песчанике (3600 – 3900 м/с).

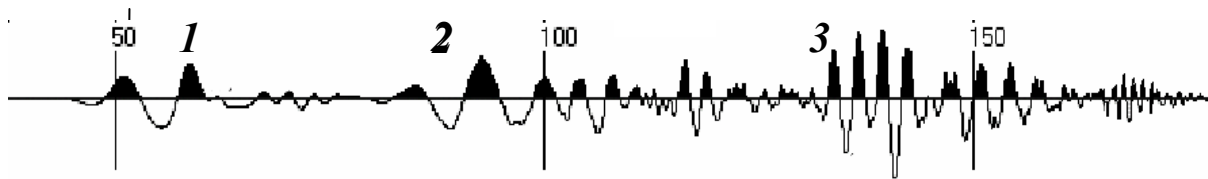


Рис. 2. Пример теоретической сейсмограммы МСП, рассчитанной для модели горно-геологических условий залегания пласта  $l_1$  на исследуемом участке

Второй - боковая волна сдвига (2) с диапазоном частот от 60 до 280 Гц, распространяющейся со скоростью сейсмических волн сдвига в песчанике (1700 – 1900 м/с).

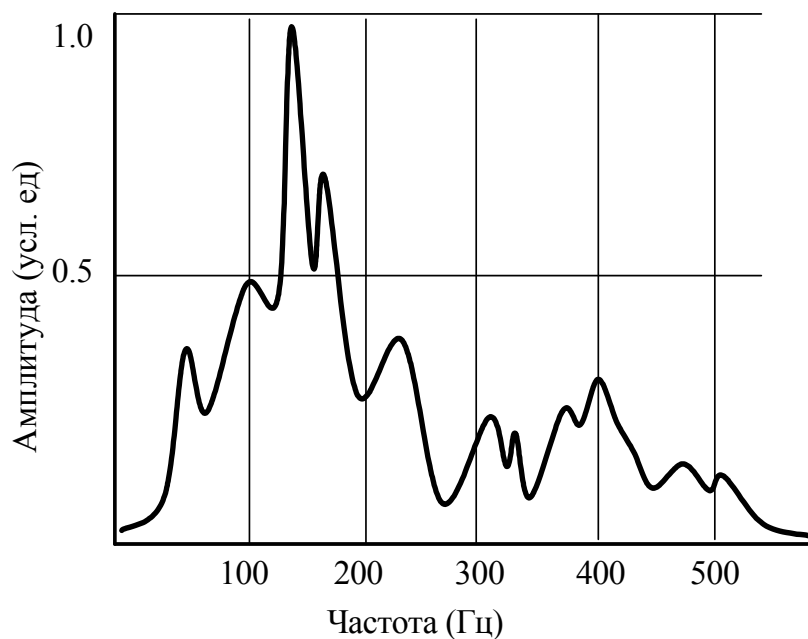


Рис. 3. Обобщённый спектр сейсмограмм МСП, рассчитанный для модели горно-геологических условий залегания пласта  $l_1$  на рассматриваемом участке

Каналовая волна, образованная волноводом сложного строения, формирует третий волновой пакет (3) с частотой от 250 до 550 Гц и скоростью около 1350 м/с. На основе результатов анализа был сделан вывод о выборе метода сейсмодослеживания

как основного метода проведения сейсмических наблюдений. Было предложено проводить наблюдения в режиме, ориентированном на регистрацию боковых волн сжатия и сдвига в диапазоне частот от 50, до 250 Гц.

Система наблюдений МСП включала расстановку сейсмоприемников с шагом 10 м, расположенную в 13 восточном вентиляционном штреке пл.  $l_1$ , используемую для приема упругих волн (рис. 4).

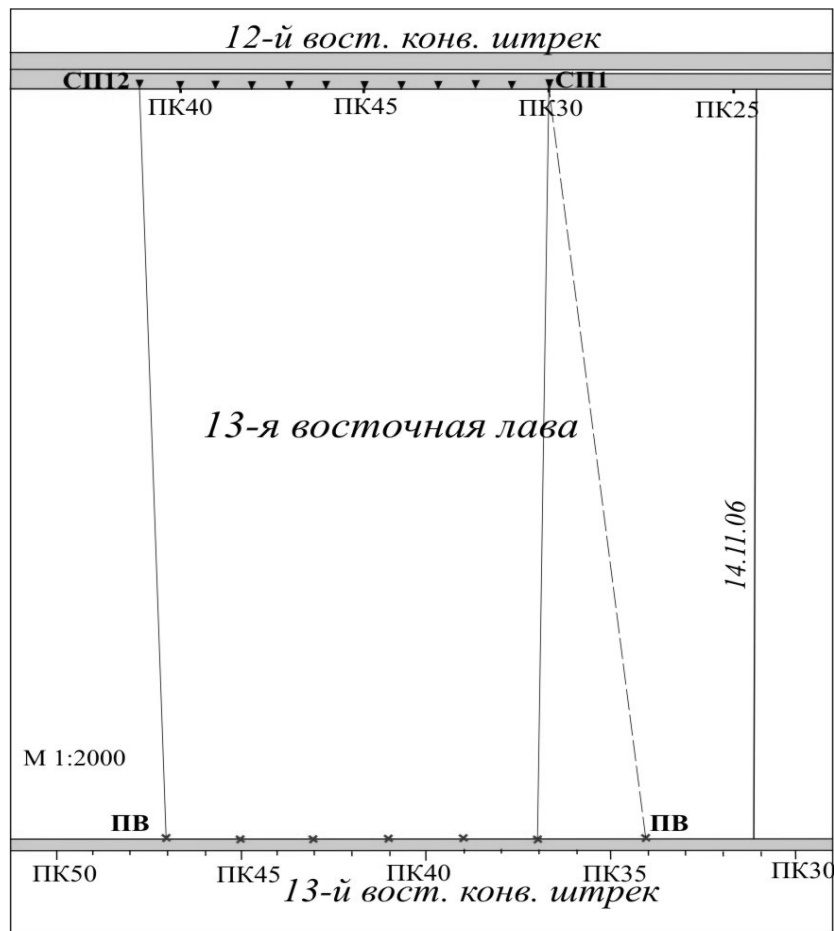


Рис. 4. Схема наблюдений на исследуемом участке

Для приема колебаний использовались электродинамические сейсмоприемники, закрепляемые с помощью алебаstra в каждом пункте приема на обнаженную поверхность угля по центру пласта. Профиль возбуждения колебаний с шагом между пунктами возбуждения 10 м располагался в 13 восточном конвейерном штреке пл.  $l_1$ .

Возбуждение колебаний производилось ударным способом посредством ударов кувалды по металлической штанге, прижимаемой к поверхности пласта с накоплением в каждом пункте до 50 ударов.

Регистрация упругих волн производилась с использованием цифровой суммирующей сейсмостанции. Режимы регистрации: запись производится на открытом канале без фильтрации, шаг дискретизации 0,5 мс, длительность записи 1024 отсчета, уровень усиления устанавливался поканально, исходя из амплитуды сигнала, задержка 0 мс.

Выполнение сейсморазведочных работ проведено в соответствии с технологией сейсмических наблюдений по базовой методике МСП [7, 8].

При обработке и интерпретации данных МСП используются, помимо кинематических, динамические и спектральные параметры волнового поля. Поэтому в процессе предварительной обработки осуществлялось нормирование сейсмических сигналов - приведение их всех к одному уровню с последующим учетом коэффициентов приведения по каждой трассе, а также коэффициентов усиления по каждому каналу при регистрации сигналов.

При обработке материалов сеймопросвечивания был выполнен расчет параметров волнового поля в двух скоростных окнах (3500 – 3900 м/с, а также 1650 – 1900 м/с), статистическая обработка рассчитанных значений параметров, распределение параметров в плоскости исследуемого участка выемочного столба, а также выделение аномальных зон. Для каждой сейсмотрассы в заданных скоростных окнах выполнялся расчет следующих параметров: максимум модуля амплитуды; ширина спектра сигнала; характерная скорость сигнала; характерная длина волны.

При обработке материалов применены различные типы полосовых фильтров, что позволило выбрать оптимальную полосу фильтрации (см. рис. 5), с использованием которой проводилась дальнейшая обработка материалов.

Исходные сейсмограммы МСП после фильтрации представлены на рис. 6. Выделяются два волновых пакета со

скоростями 3770 м/с и 1800 м/с. Первый волновой пакет имеет длину волны 28–30 метров, представляет собой боковую волну сжатия. Второй волновой пакет, имеющий длину волны 12–15 метров, представляет собой боковую волну сдвига.

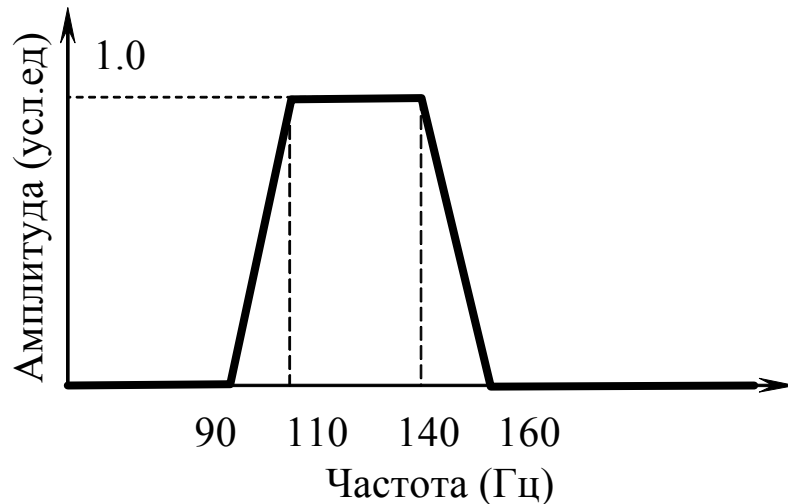


Рис. 5. Параметры фильтрации сейсмограмм, полученных на рассматриваемом участке

Аномальные зоны выделялись по комплексу параметров, рассчитанных при обработке и проанализированных на планах распределения параметров. Интерпретация проводилась с учетом распределения нескольких параметров в плане исследуемого участка: максимума модуля амплитуды (см. рис. 7), его скорости (см. рис. 8), характерной частоты в спектре сигнала (см. рис. 9), которые рассчитывались для каждого скоростного окна.

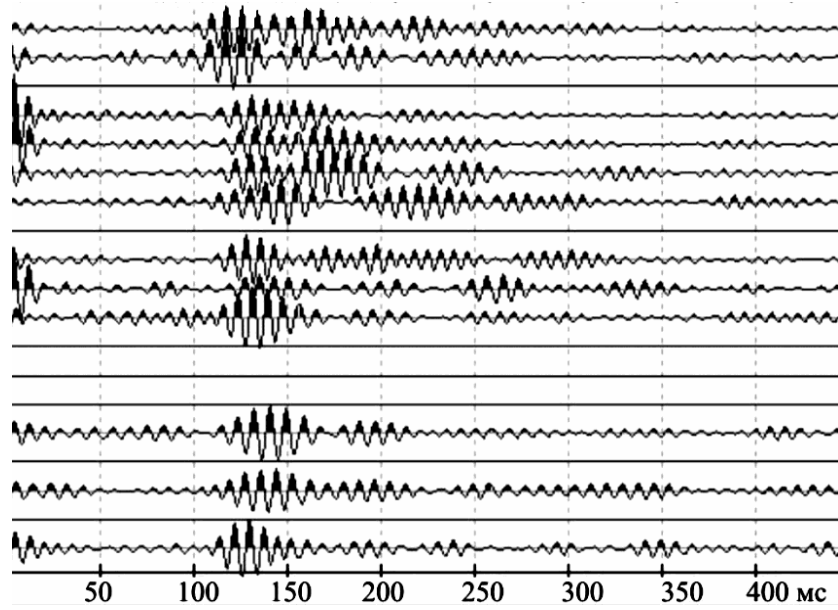


Рис. 6. Исходные сейсмограммы МСП после фильтрации

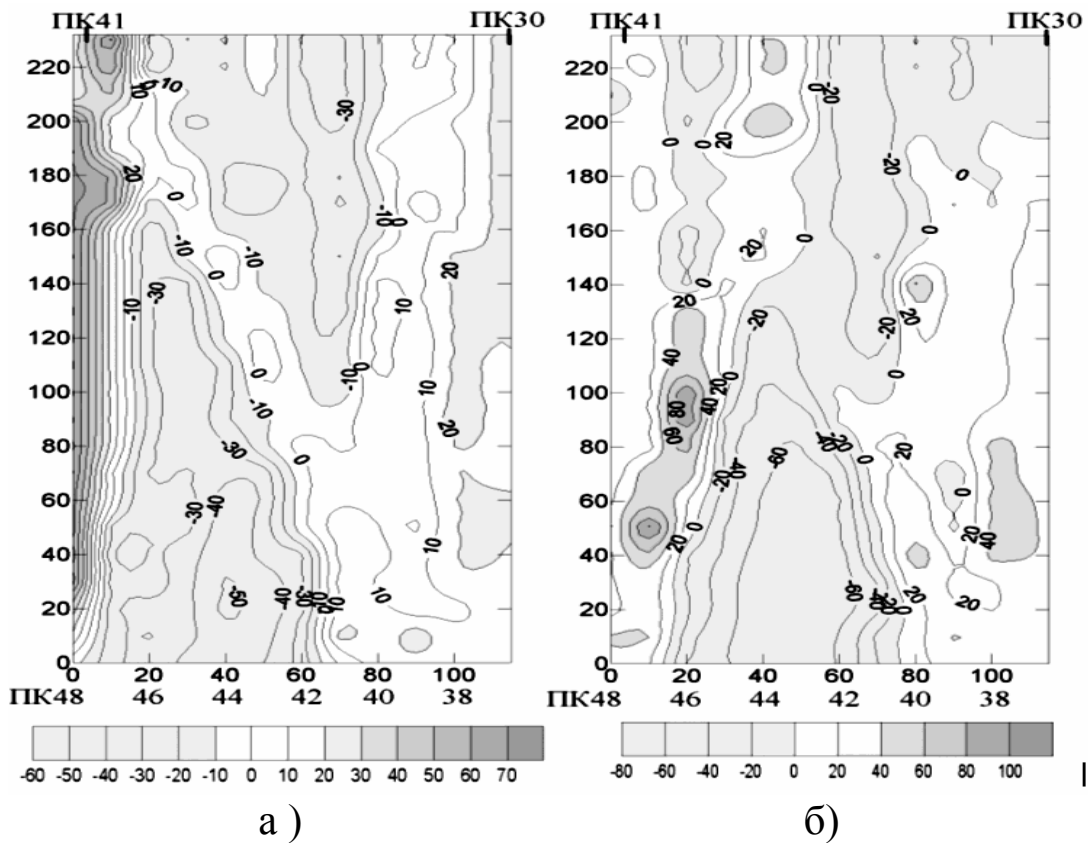


Рис. 7. Схема распределения максимума модуля амплитуды в плане лавы для двух скоростных окон: а) 3500 – 3900 м/с, б) 1650 – 1900 м/с



При проведенні сейсмоакустичного просвечивання не удалось добитися акустической тишины, работали всевозможные механизмы (насосы, вентиляторы, конвейера, бурились скважины и т.п.), из-за чего регистрировался высокий уровень механических и электрических помех.

Ввиду того, что приемники упругих колебаний пришлось устанавливать непосредственно на обнаженную поверхность угольного пласта (т.е. в ослабленной зоне отжима, а не за ее пределами, в шпурах глубиной 1,5 метра), а возбуждение колебаний производилось в неглубоких забурках (0,3 – 0,4 м), были зарегистрированы акустические сигналы низкой частоты. От импульсных помех полностью избавиться не удалось, что привело к погрешностям при расчетах распределения акустических параметров в плане лавы и, соответственно, выделения аномальных зон.

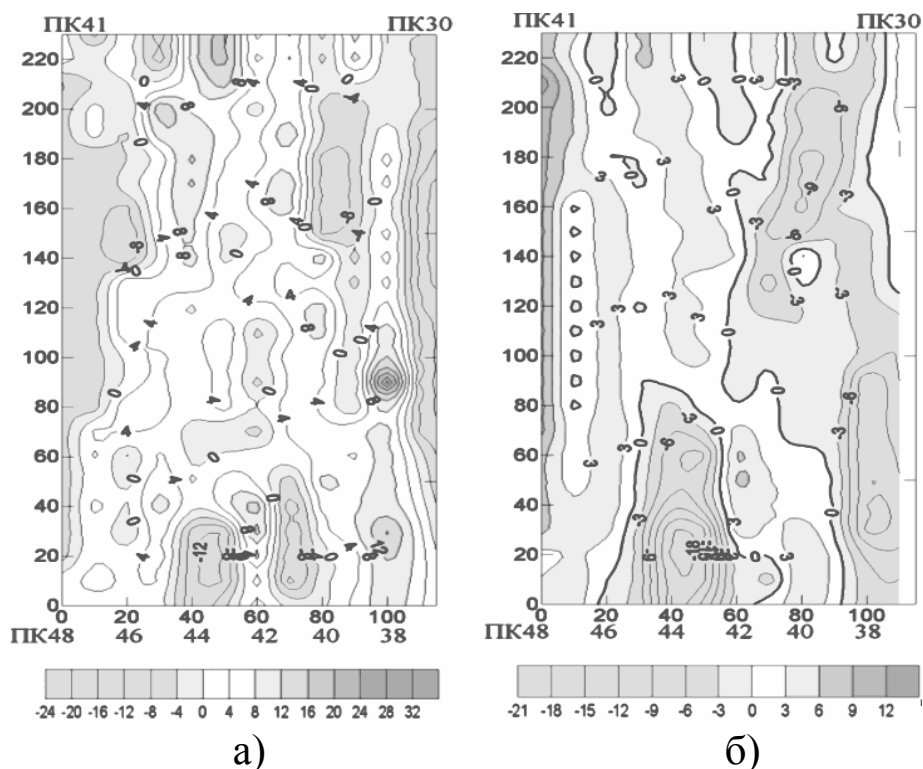


Рис. 8. Схема распределения скорости максимума модуля амплитуды в плане лавы для двух скоростных окон: а) 3500 – 3900 м/с, б) 1650 – 1900 м/с

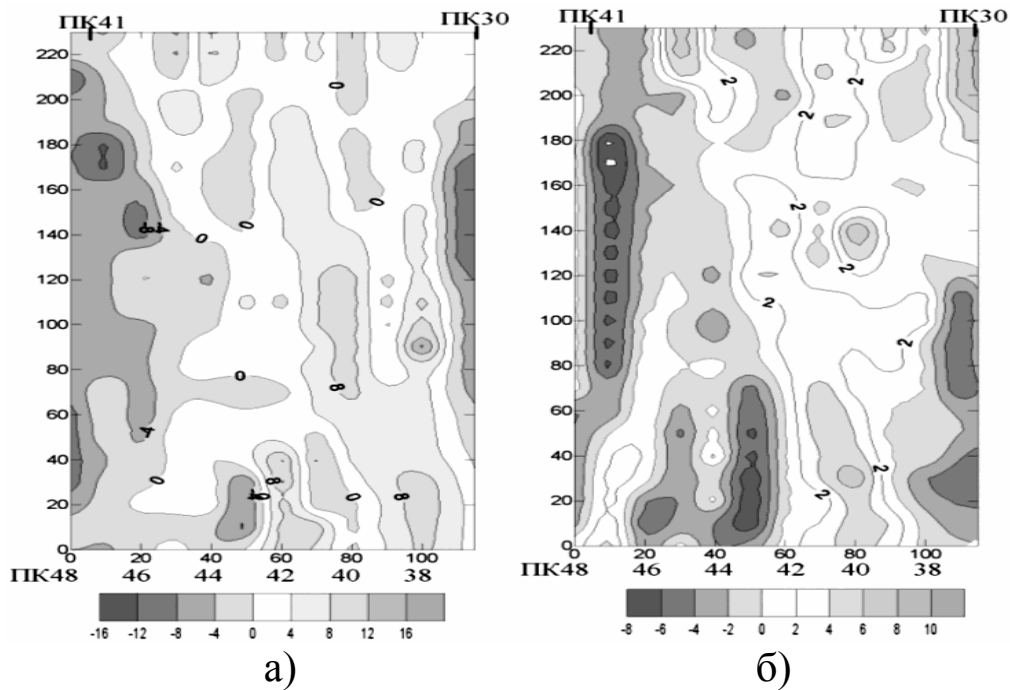


Рис. 9. Схема распределения длины волны в плане лавы для двух скоростных окон: а) 3500 – 3900 м/с, б) 1650 – 1900 м/с

На основании геолого-геофизической интерпретации материалов работ в пределах участка наблюдений выделенные аномальные зоны можно интерпретировать как зоны разуплотнения горных пород, сопровождающиеся аномально высоким горным давлением (см. рис. 10) угля и пород (о чем свидетельствует падение амплитуды сигнала в зоне аномалии, повышение скорости его распространения, уменьшение характерной длины волны). Погрешность определения контуров аномальных зон определяется половиной длины волны, что составляет 7-1 м.

По результатам исследований был выдан соответствующий прогноз, который в дальнейшем был полностью подтвержден горными работами. При отработке 13-й восточной лавы при подходе механизированного комплекса к аномальной зоне были приняты меры по регулировке скорости подвигания забоя. Напротив 45-го пикета 13-го восточного конвейерного штрека, как и ожидалось в результате прогноза, была встречена зона разуплотнения угля и пород кровли. При отработке лавы

произошло обрушение пород кровли, которое благодаря принятым заблаговременно мерам не привело к негативным последствиям.

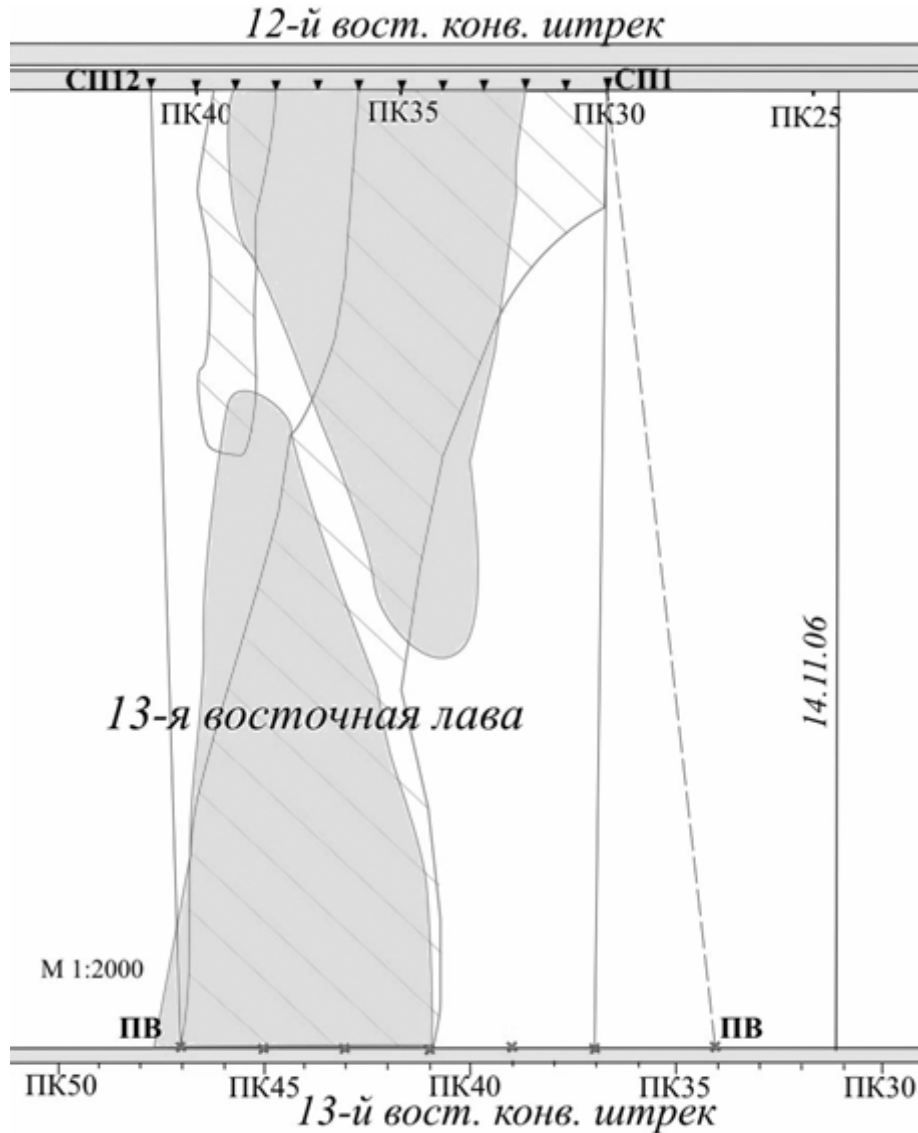


Рис. 10. Схема расположения зон повышенного горного давления в плане лавы на рассматриваемом участке

## ВЫВОДЫ

Таким образом, в данной статье приведен пример использования метода сейсмического просвечивания для выявления зон повышенного горного давления, доказывающий возможность использования данного подхода для оконтуривания

аномалии с целью выбора рациональных путей последующей отработки. Использование математического моделирования позволило выбрать информационные волновые пакеты, оптимальные скоростные и частотные диапазоны сигнала, провести эффективную обработку результатов экспериментов

Результаты данной статьи могут быть использованы специалистами в области шахтной и наземной сейсморазведки для разработки и усовершенствования методик сейсмического прогноза горно-геологических условий залегания угольных пластов и способов обработки результатов сейсморазведки для повышения эффективности и надежности прогноза геологического строения горного массива.

### СПИСОК ССЫЛОК

1. Азаров Н. Я., Яковлев Д. В. Сейсмоакустический метод прогноза горно-геологических условий эксплуатации угольных месторождений. - М.: Недра, 1988. - 199 с.
2. Анциферов А.В. Теория и практика шахтной сейсморазведки.- Донецк.: изд. «Алан», 2002. - 312 с.
3. Захаров В.Н. Сейсмоакустическое прогнозирование и контроль состояния и свойств горных пород при разработке угольных месторождений. М.: ФГУП ННЦ ГП – ИГД им. А.А. Скочинского, 2002. - 172 с.
4. Глухов А.А., О программном комплексе моделирования сейсмических колебаний в угленосной толще/ Наукові праці Національного технічного університету. – Донецьк: ДонНТУ, 2005. – Вип.. 88. – С. 106-113.
5. Глухов А.А. Автоматизация расчета поля сейсмических колебаний в угленосной толще при решении задач шахтной сейсморазведки / Наукові праці Національного технічного університету. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. – Вип.. 106. – С. 131-139.
6. Глухов А.А. Математическое моделирование сейсмических полей в задачах шахтной сейсморазведки/ Геотехническая механика, 2004. - № 49.- С. 87-92.

7. Способ шахтной пластовой сейсморазведки: А.с. 1704118 СССР, МКИ G01V1/00 / А.В. Анциферов, Ю.Г. Мясников, Н.Я. Азаров (СССР). - № 4782373/25; Заявлено 15.10.90; Оpubл. 17.01.92, - Бюл. № 1. - 4 с.
8. Способ шахтной сейсморазведки: А.с. 1814401 СССР, МКИ G01V1/00 / А.В. Анциферов, Ю.Г. Мясников, Н.Я. Азаров, В.И. Жулябин (СССР). - № 4878047/25; Заявлено 30.10.90; ДСП. - 5 с.