

3. Гликман А.Г. Поля упругих колебаний в горных породах.-Л., 1984.- 63 с.-Деп. в ОЦНТИ ВИЭМС 10.04.85 № 188 мг – 85.

4. Бобров И.В., Кричевский Р.М. Борьба с внезапными выбросами угля и газа.-К.: Техніка, 1964. – 328 с.

5. Лунев С.Г., Колчин Г.И. Динамика призабойной части угольного пласта при его выемки \ Материалы XI Международной научной школы им. академика А.С. Христиановича "Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках ".- Симферополь, 2000.- С. 106-107

6. Руководство по применению на шахтах Донбасса способа определения величины зоны разгрузки призабойной части угольного пласта параметрам акустического сигнала. Утв. Минуглепромом Украины 01.10.94.- Макеевка, 1994.-5 с.

7. А.Е. Ольховиченко. Прогноз выбросоопасности угольных пластов.- М.:Недра, 1982.-278 с.

**УДК 550.834:622.12**

А.В. Анциферов

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОХОЖДЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО СИГНАЛА ЧЕРЕЗ УТОНЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В ЗАДАЧАХ ШАХТНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ.**

Розглянуто особливості процесу розповсюдження сейсмоакустичних хвиль через стоншення вугільних пластів стосовно до методів шахтної сейсмічної розвідки.

## **MODELING OF THE PROCESS OF SEISMOACOUSTIC SIGNAL PASSING THROUGH COAL SEAM THINNING IN THE PROBLEMS OF MINING SEISMIC EXPLORATION**

Regular features of the propagation process of seismoacoustic waves through thinned coal seams are considered in the context of mine seismic exploration methods.

Прогноз аномалий в условиях залегания угольных пластов сейсмоакустическим методом [1] представляет собой сложную задачу, решение которой зависит от множества факторов, теоретическое исследование которых возможно только при использовании современных методов математического моделирования. Один из прогнозируемых с помощью вышеуказанного подхода типов нарушений – утонения угольных пластов. До настоящего времени целенаправленных исследований в данном направлении с учетом условий, характерных для угольных месторождений Украины не проводилось. В настоящей статье на основе применения методов математического моделирования [2, 3] дан краткий анализ зависимости параметров сейсмоакустического волнового поля от параметров утонения для типичных в условиях Донбасса пластов угля.

Данный тип нарушения угольных пластов выражается в уменьшении мощности без изменения иных физико-механических параметров среды.

Анализ волнового поля для утонений проводился на примере углей марки Ж с параметрами, характерными для условий Донбасса. Расчеты проводились для утонений различной протяженности  $L$  и различными значениями соотношения  $h/H$  (см. рис. 1), в том числе для предельного случая  $h=H$ .

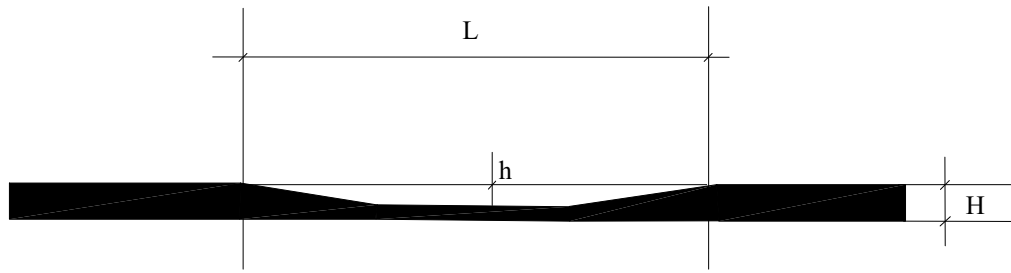


Рис. 1 - Геометрические размерности утонений.

Для анализа общих тенденций изменения сигнала рассмотрим теоретические сейсмограммы компонент волнового поля, полученные для утонений различных амплитуд (см. рис. 2) и соответствующие частотные спектры сигналов (рис. 3). Следует выделить ряд общих особенностей. Как и следовало ожидать, увеличение амплитуды утонения влечет за собой понижение амплитуды преломленного утонением сигнала в тем большей мере, чем больше протяженность нарушения. Эта особенность четко просматривается в таблицах 1-3, где обобщены результаты ряда расчетов, проведенных для углей марки Ж для утонений различной протяженности и с различной амплитудой. Понижение амплитуды не одинаково для различных волновых пакетов. Пакеты боковых волн сжатия реагируют на утонения в 2-2,5 раза слабее, чем боковые волны сдвига и каналовые волны различных типов. Поэтому для утонений характерно с увеличением амплитуды увеличение роли боковых волн сжатия в сигнале. Кроме этого следует отметить, что эта тенденция сопровождается следующей особенностью. Как было доказано ранее, для боковых волн сжатия характерны резонансные явления, выражающиеся в формировании дополнительных пакетов колебаний (которые были условно названы головными каналовыми волнами). При уменьшении мощности волновода в зоне утонения резонансные явления не могут проявиться в полной мере. Поэтому, что подтверждается теоретическими расчетами, на пластах характерной для условий Украины мощности (до 1,5м) для утонений величиной более 40% амплитуды характерно отсутствие сколь-либо ярко выраженных пакетов головных каналовых волн.

Для Z компоненты колебаний волнового поля, как и для других случаев нарушения, не удастся определить четкой зависимости амплитуды сигнала от амплитуды утонения. Происходит процесс перераспределения колебательной энергии, что приводит к тому, что высокоамплитудные колебания, распространяющиеся в ненарушенном случае на определенном расстоянии от центра пласта, могут при изменении его мощности сместиться. Поэтому, для Z компоненты колебаний характерно увеличение амплитуды, регистрируемого по центру пласта сигнала для малых значений амплитуды нарушения.

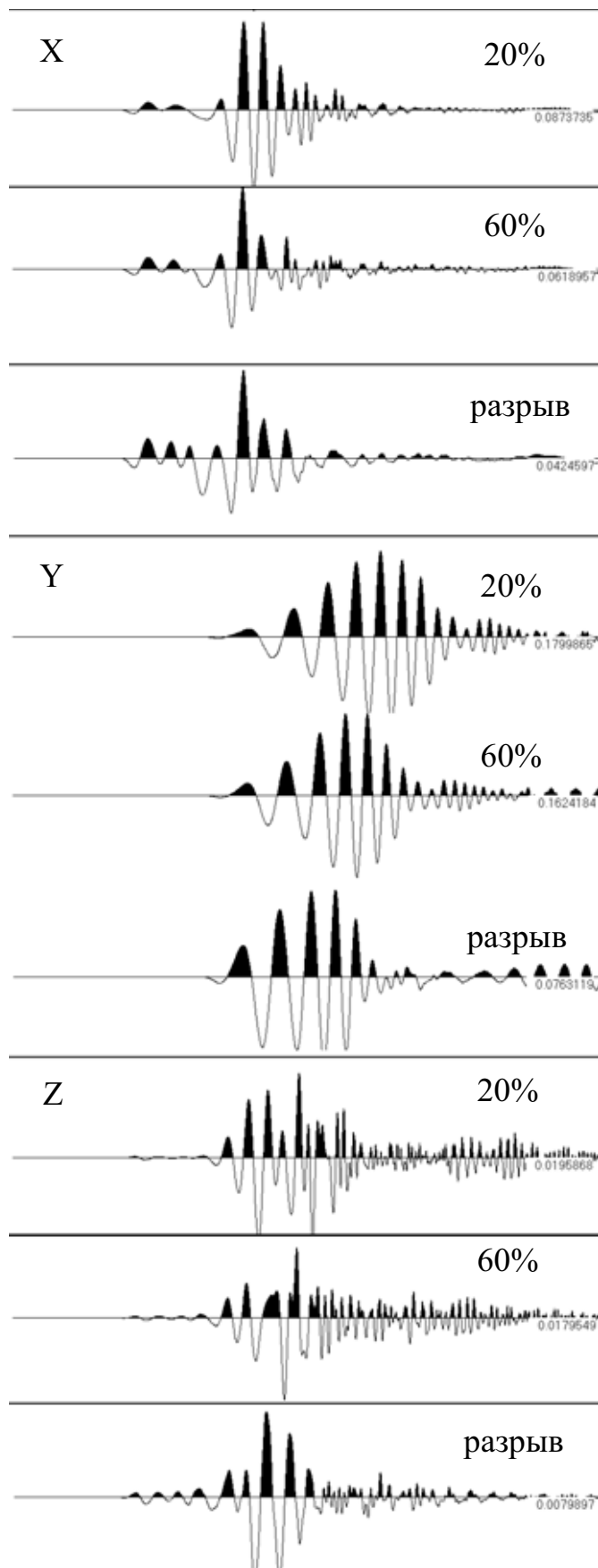


Рис. 2 - Зависимость структуры рассеянного сигнала от амплитуды утонения. Амплитуда утонения представлена в % от мощности пласта. (Пример приведен для  $L=90\text{м.}$ )

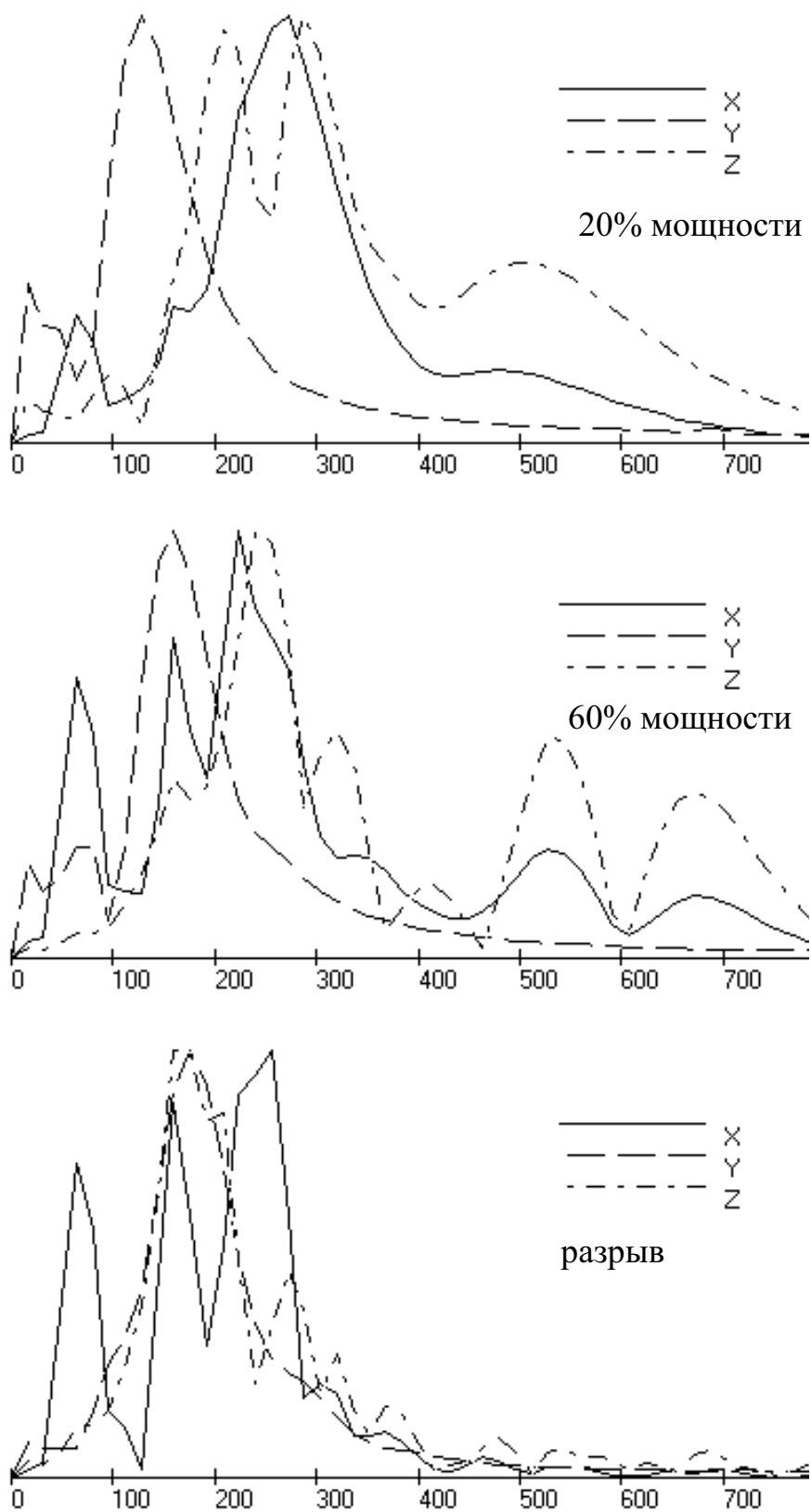


Рис. 3 - Зависимость частотной характеристики преломленного сигнала от амплитуды утонения. Амплитуда утонения представлена в % от мощности пласта. (Пример приведен для  $L=90\text{м.}$ )

Таблица 1 - Зависимость амплитуды преломленной волны от амплитуды утонения  
(на примере угля марки «Ж», ширина зоны равна 30м)

	Амплитуда преломленного сигнала в % от наблюдаемого на ненарушенном пласте		
Утонение (в % от мощности пласта)	<b>20</b>	<b>60</b>	<b>Разрыв</b>
<b>X</b>	92	75	66
<b>Y</b>	180	153	89
<b>Z</b>	198	164	117

Таблица 2 - Зависимость амплитуды преломленной волны от амплитуды утонения  
(на примере угля марки «Ж», ширина зоны равна 60м)

	Амплитуда преломленного сигнала в % от наблюдаемого на ненарушенном пласте				
Утонение (в % от мощности пласта)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>Разрыв</b>
<b>X</b>	92	87	61	56	42
<b>Y</b>	90	89	81	51	38
<b>Z</b>	125	195	179	121	79

Таблица 3 - Зависимость амплитуды преломленной волны от амплитуды утонения  
(на примере угля марки «Ж», ширина зоны равна 90м)

	Амплитуда преломленного сигнала в % от наблюдаемого на ненарушенном пласте				
Утонение (в % от мощности пласта)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>Разрыв</b>
<b>X</b>	92	86	44	41	36
<b>Y</b>	90	89	85	57	39
<b>Z</b>	123	182	130	98	46

Частотный спектр сигнала существенно изменяется. Во-первых, максимумы частотной характеристики боковых волн сжатия, как и следовало ожидать, увеличивают относительную амплитуду в общем спектре сигнала при увеличении амплитуды утонения (каждые 10% увеличения амплитуды утонения влекут за собой 10-15% возрастание доли боковых волн сжатия в сигнале). Математическое моделирование не дало однозначных результатов в изменении спектров боковых волн сдвига. В целом можно отметить лишь незначительно проявляющийся эффект уменьшения ширины соответствующих «пику» частотной характеристики. Зато для каналовых волн, как и следовало ожидать с точки зрения изменения геометрии волновода, наблюдается четкое смещение максимумов в высокочастотную область.

Результаты, представленные в таблицах 1-3, не позволяют четко определить количественно характер зависимости параметров проходящей частей сигнала от протяженности нарушения, хотя общая тенденция падения амплитуды с увеличением длины утонения очевидна. Это связано со следующей причиной. Для больших значений  $L$  размерности утонения сравнимы с размерностями всей

модели и уменьшается участок перед нарушением, играющий чрезвычайно важное значение в формировании структуры и параметров сигнала.

Разрыв сплошности пласта в случае, если амплитуда утонения равна мощности пласта, можно рассматривать как предельный случай утонения. Во-первых, следует отметить, что общий характер волнового поля, формируемого в районе утонения большой амплитуды, практически не отличается от того, который получается в случае разрыва. В этом легко убедиться, проводя сравнительный анализ соответствующих томограмм волнового поля, представленных на рис.4 и 5. Боковые волны обоих типов не изменяют скачкообразно своих частотных и амплитудных характеристик при «замене» экстремально сильного утонения на разрыв. Этот факт четко прослеживается на рис. 2 и 3 и в таблицах 1-3. Каналовые волны изменяют свою частотную характеристику, смещаясь в высокочастотную область. При этом разрыв сплошности можно рассматривать как предельный случай, когда максимумы частотной характеристики соответствующих волновых пакетов смещены в область вне зоны чувствительности регистрирующей аппаратуры. Кроме этого, следует отметить факт, что поскольку для амплитуд утонений больших, чем половины рассматриваемых типичных значений мощностей пласта характерно смещение соответствующего максимума в область за 500 Гц и выше, отличить утонение с большей амплитудой от разрыва сплошности в общем случае не представляется возможным.

Следующий вопрос связан с возможностью формирования утонением отраженной волны. Как показали результаты математического моделирования, сама возможность формирования доступной для регистрации отраженной волны связана с двумя факторами: с амплитудой утонения и с резкостью изменения мощности пласта в зоне утонения. Причем, необходимо как наличие значительного градиента мощности при переходе от ненарушенной части пласта к утоненной (не менее 0.3 м/м), так и значительной амплитуды нарушения (не менее 40 – 60% мощности пласта). От протяженности нарушения возможность формирования отраженного сигнала не зависит.

Таким образом, подводя итоги анализу результатов математического моделирования процесса прохождения сейсмических колебаний через утонения, следует отметить следующее:

- основными факторами, влияющими на формирование волнового поля в зоне утонения являются амплитуда утонения, его протяженность и градиент изменения мощности пласта в зоне перехода от ненарушенного к нарушенному состоянию;

- изменение амплитуды утонения приводит к изменению общей структуры сигнала, выражающемуся в:

- а) усилении роли боковых волн сжатия в сигнале (каждые 10% увеличения амплитуды утонения влекут за собой 10-15% возрастание относительной амплитуды боковых волн сжатия в сигнале);

- б) подавлении пакетов головных каналовых волн (для утонений величиной более 40% амплитуды характерно отсутствие сколько-либо ярко выраженных пакетов головных каналовых волн);

в) смещении частоты колебаний пакета каналовых волн в высокочастотную область пропорционально изменению мощности пласта.

- протяженность нарушения влечет за собой понижение амплитуд всех основных волновых пакетов;

- в случае резкого перехода от ненарушенной части пласта к утоненной (не менее 0.3 м/м), для значительных амплитуд нарушения (не менее 40 – 60% мощности пласта) возможно формирование отраженного сигнала;

- методически разрыв сплошности пласта можно рассматривать как предельный случай утонения с амплитудой равной мощности пласта.

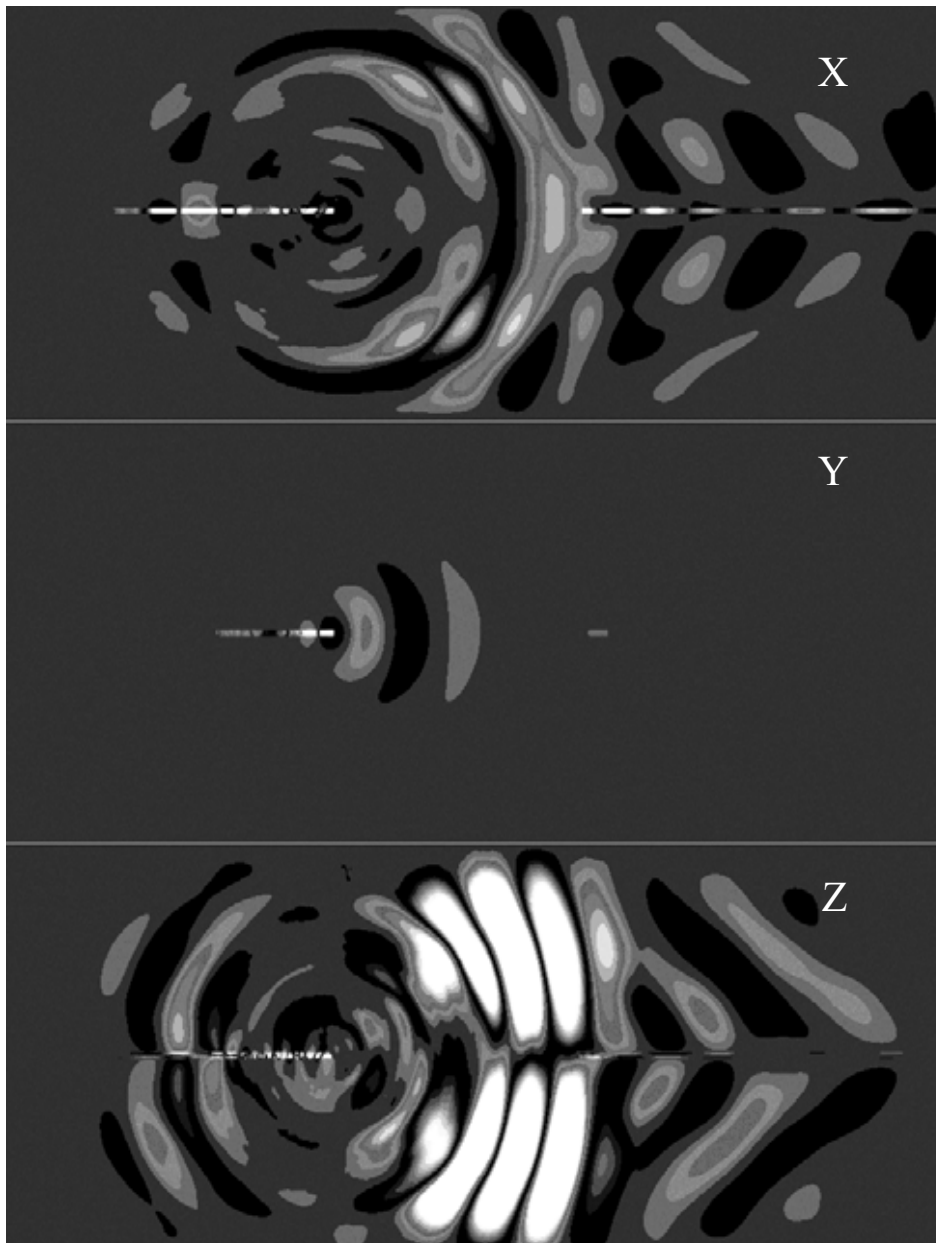


Рис. 4 - Томограммы волнового поля, полученные для модели разрыва сплошности угольного пласта.

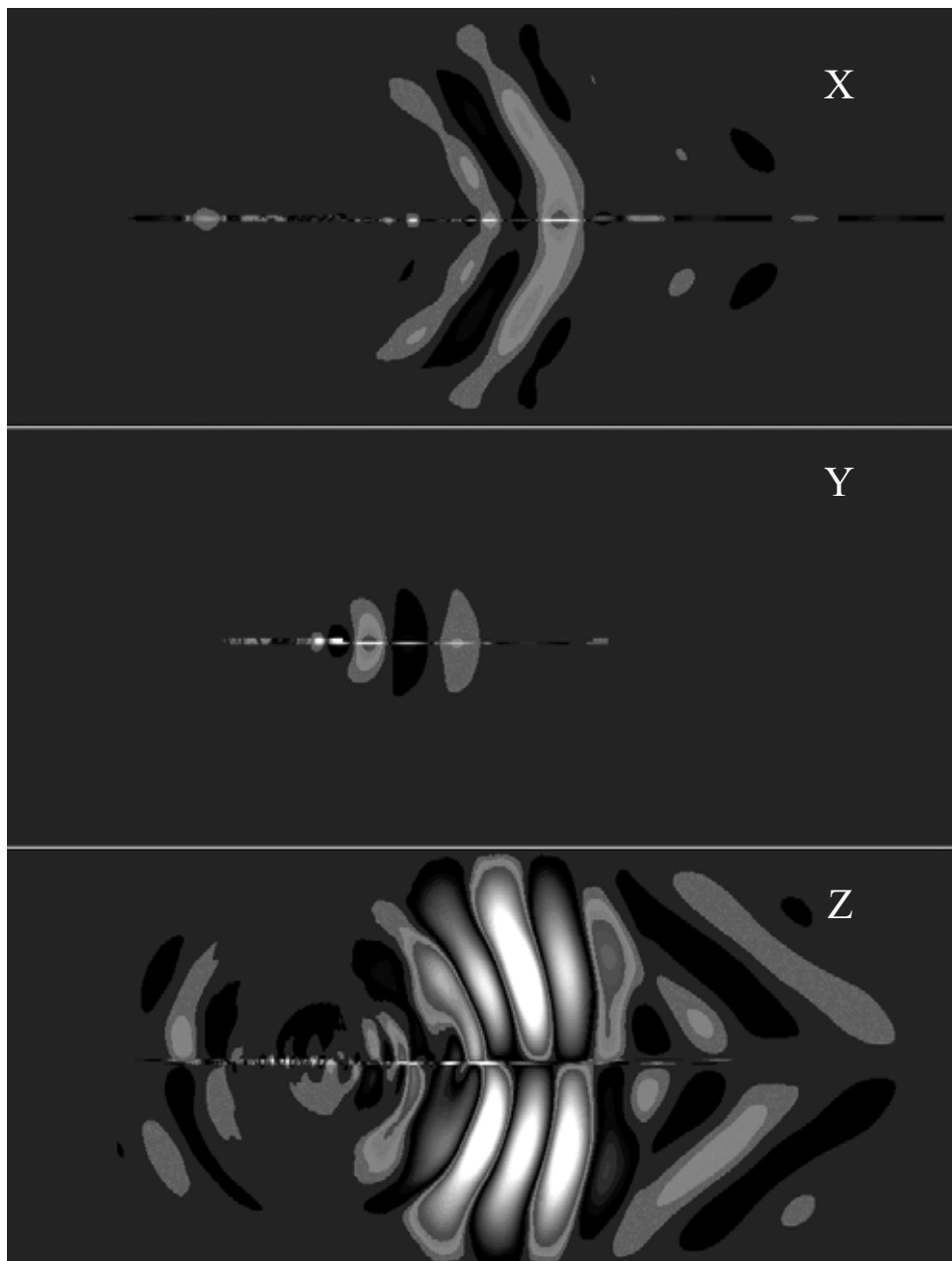


Рис. 5 - Томограммы волнового поля, полученного для модели утонения амплитудой в 80% мощности угольного пласта.

Описанные в настоящей работе исследования и сделанные выводы позволяют совершенствовать методы проведения шахтных сейсмоакустических экспериментов и обработку их результатов, повысить надежность и эффективность технологий шахтной сейсмоакустики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азаров Н.Я., Яковлев Д.В. Сейсмоакустический метод прогноза горно-геологических условий эксплуатации угольных месторождений. – М.: Недра, 1988.
2. Анциферов А.В., Захаров В.Н, Глухов А.А. Комплект программ моделирования процесса распространения сейсмических волн в угленосной толще // Каталог прогр. средств/ГосФАП,М.1991, №5091000037
3. Анциферов А.В. Моделирование волнового поля в задачах шахтной сейсморазведки методом конечных разностей/ Збірник наукових праць №5 «Проблеми гірського тиску»,- 2001.-С.5-15.