

УДК 550.834: 622.12

## ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЗАЛЕГАНИЯ УГЛЕЙ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

**Глухов А. А., Трофимов В. В.**  
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

*Проведено аналіз особливостей формування сейсмічних хвильових полів в умовах залягання вугіль Західного Донбасу. Досліджено аномальні параметри спостережуваних каналових хвиль, пов'язаних з інверсією пружних властивостей вугіль і вмещувальних порід.*

*Analysis of seismic wave field generation features in conditions of coal occurrence in the Western Donets Basin is made. Anomalous parameters of the observed channel waves concerned with inversion of elastic properties of coals and enclosing rocks are investigated.*

Опыт использования шахтной сейсморазведки для выбора оптимальных путей отработки угольных пластов Донбасса показал, что, несмотря на разнообразие и сложность горно-геологических условий залегания угольных пластов, структуры реальных сейсмограмм и характеристики информативных волновых пакетов укладываются в определенную систему и могут быть с высокой точностью определены перед проведением реальных экспериментов [1 – 3]. Этот факт является предпосылкой разработки надежных и эффективных методик определения горно-геологических условий залегания обрабатываемых угольных пластов. Однако при различных условиях залегания углей наблюдаются существенные расхождения между теоретически ожидаемыми и практически наблюдаемыми результатами. В частности, эта проблема актуальна в условиях шахтных полей Западного

Донбасса при использовании в качестве информативных волн Релея.

Целью настоящей статьи является анализ характеристик сейсмических волновых полей, описание структуры и параметров волновых пакетов, и разработка на этой основе рекомендаций к проведению прогнозных сейсмоакустических экспериментов в условиях Западного Донбасса.

Углевмещающие толщи, содержащие соответствующие угольные пласты в рассматриваемом районе, интересны тем [4 – 7], что принадлежат к зоне инверсии упругих свойств пород и углей на границе раннего и среднего катагенеза. Это проявляется в двух влияющих на формирование сигнала особенностях [4, 5]:

- акустические свойства алевролитов, аргиллитов и песчаников отличаются в незначительных пределах;
- акустическая граница между угольным пластом и породами не столь резка, как в случае углей марок «Ж», «К», «ОС» и «Т».

Если первый фактор приводит к относительно слабой зависимости характеристик волнового поля от типа вмещающих пород, то второй требует особого рассмотрения в рамках настоящей статьи.

Объектом исследования был выбран опытный участок, расположенный на юге 3-го блока шахтного поля шахты «Западно-Донбасская» ОАО «Павлоградуголь» в Павлоградско-Петропавловском углепромышленном районе Западного Донбасса. В геологическом строении блока принимают участие каменноугольные отложения свит  $C_1^3$ ,  $C_1^4$ ,  $C_2^0$ , которые везде перекрыты мезозойскими и кайнозойскими образованиями.

Промышленная угленосность блока приурочена к отложениям самарской свиты ( $C_1^3$ ), заключенной между известняками  $C_5$  и  $C_1$ . Средняя мощность толщи между ними составляет 380 м. Для свиты  $C_1^3$  характерной является мелкая цикличность и высокая угленасыщенность. Свита составлена комплексом осадочных пород от песчаников до аргиллитов. Геологоразведочными работами раскрыто 53 угольных пласта, из которых промышленное значение имеют 8 угольных пластов:  $c_{11}$ ,  $c_{10}^B$ ,  $c_9$ ,  $c_8^B$ ,  $c_8^H$ ,  $c_7^H$ ,  $c_5$ ,  $c_1$  [8].

Пласты  $c_{12}$ ,  $c_7^B$ ,  $c_4^2$ ,  $c_4^1$ ,  $c_4^B$ ,  $c_2$  – имеют подчиненное значение. Суммарная мощность пластов в среднем составляет 6,21 м, коэффициент промышленной угленосности – 2,6 %. Рабочая мощность угольных пластов колеблется от 0,60 до 1,50 м при подавляющих значениях 0,80 – 0,90 м. Строение пластов преимущественно простое. Сложное строение характерно для пластов  $c_{11}$  и  $c_8^B$ , в меньшей мере – для пластов  $c_{10}^B$  и  $c_1$ .

Более 40 % запасов угля содержится в относительно выдержанных угольных пластах  $c_8^H$  и  $c_5$ . В пределах блока № 3 проводятся подготовительные и добывающие работы на угольном пласте  $c_8^H$ . Пласт  $c_8^H$  залегает в аргиллитах и алевролитах на глубине 485,0 – 585,0 м. Иногда в подошве пласта  $c_8^H$  встречаются песчаники мощностью 2 – 22 м.

При проведении исследований использовалась модель, схематически показанная на рис. 1. Моделируется участок угольного пласта мощностью 0,9 м между двумя выработками, располагающимися на расстоянии  $R = 150$  м. Имитируется удар тампером в стенку одной из выработок. Для анализа структуры волнового поля 28 сейсмоприемников располагаются на границе со второй выработкой в вертикальной плоскости с шагом 30 см. На рис. 2 показан спектр источника моделируемых сейсмических колебаний.



Рис. 1. Модель, используемая для анализа сейсмических параметров отрабатываемых угольных пластов Западного Донбасса

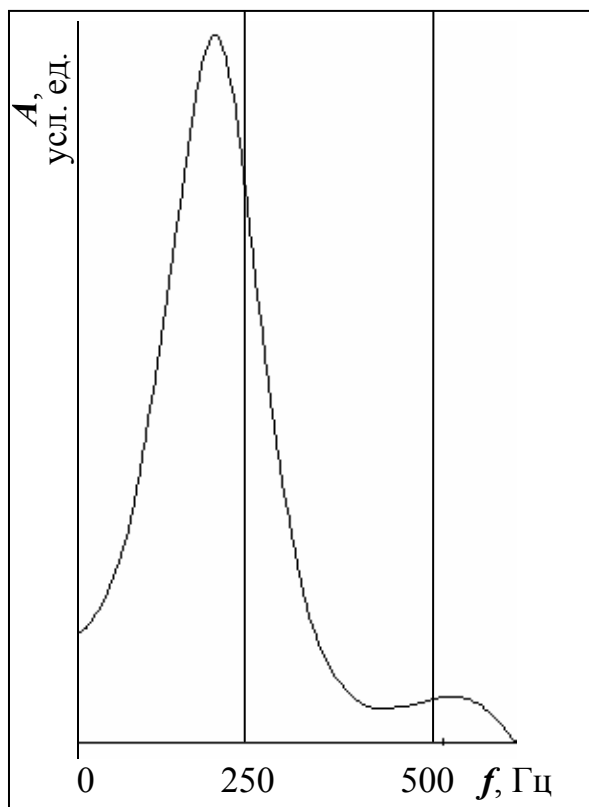


Рис. 2. Спектр модельного источника сейсмических колебаний

На рис. 3 представлена характерная для данной модели теоретическая сейсмограмма. На ней в едином масштабе совмещены  $X$  и  $Z$  компоненты колебаний. При этом закрашены положительные значения смещений  $X$  и отрицательные значения  $Z$  компонент. Ось  $X$  выбрана по направлению распространения колебаний от источника к сейсмоприемнику. Колебания вдоль данной оси соответствуют продольным волнам. Ось  $Z$  выбрана перпендикулярно плоскости напластования. Колебания вдоль неё являются поперечными. На рис. 4 представлены характерные частотные спектры.

На сейсмограммах проявляются два волновых пакета. Первый из них – боковая волна сжатия, распространяющаяся со скоростью волн сжатия во вмещающих породах. Частотный диапазон данной волны лежит в широких пределах от 50 до 300 Гц, практически совпадая со спектром источника (см. рис. 2). Боковая волна сдвига имеет более сложную структуру. Её первые вступления существенно отличаются по частотному диапазону от

хвостовой части. Если в начальной части волны её частотный диапазон не отличается от частотного диапазона волн сжатия, то в дальнейшем свой вклад начинают вносить колебания с частотами 400-700 Гц.

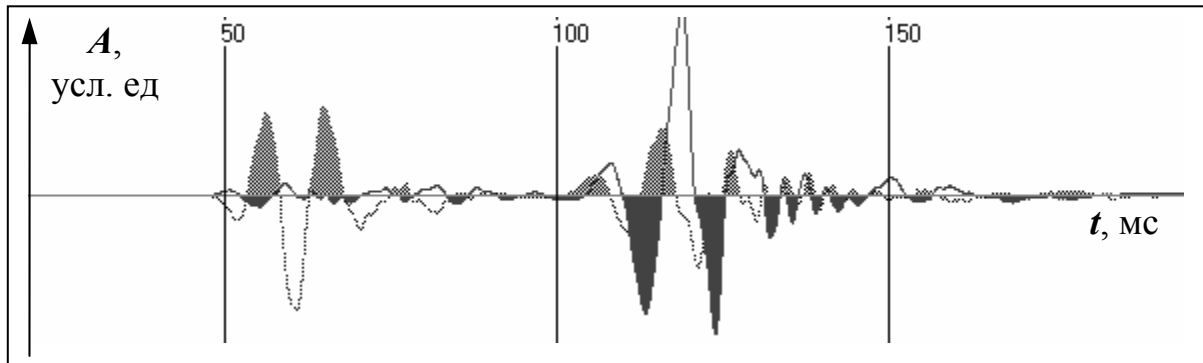


Рис. 3. Теоретическая сейсмограмма для модели пласта  $c_8^H$

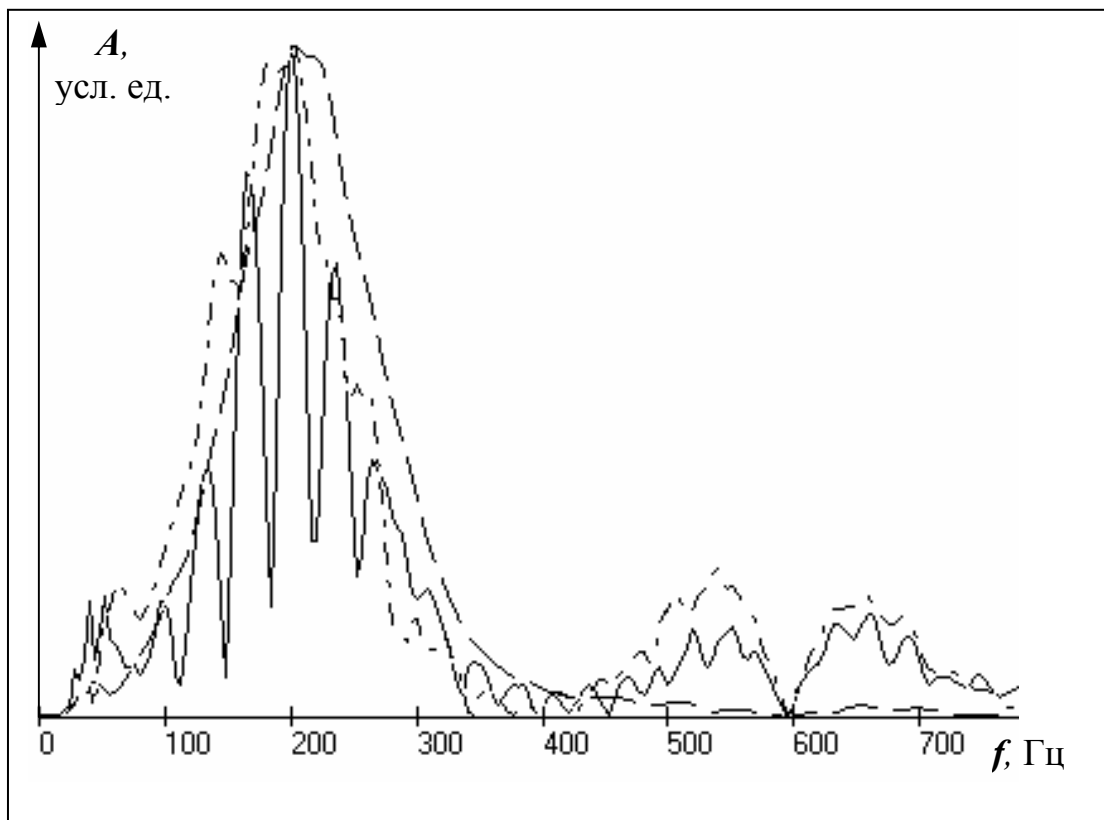


Рис. 4. Спектры сейсмических колебаний для модели пласта  $c_8^H$  (разными типами линий обозначены спектры при различных параметрах акустических свойств пород в рамках одной стадии эпигенеза)

Однако они не доминируют. Их амплитуда составляет не более 20% от амплитуды доминирующей части боковой волны сдвига. К тому же, в реальных условиях высокочастотные колебания не будут наблюдаться по причине значительного поглощения.

Таким образом, расчеты показывают, что для условий Западного Донбасса сравнительно слабо проявляется эффект каналирования колебательной энергии угольным пластом, который, в частности, должен был бы проявляться в различии частотных диапазонов боковых волн сдвига и сжатия. Так для углевмещающих толщ с более поздней стадией эпигенеза характерно формирование боковых волн сжатия и сдвига [1 – 3], с частично перекрывающимися частотными диапазонами от 50 до 200 Гц и от 80 до 300 Гц, соответственно. Этот результат хорошо согласуется с физическими основами каналирования колебательной энергии.

Для условий пласта  $c_8^H$  характерно на целом ряде участков наличие сближенных пластов. Выше пласта  $c_8^H$  залегает угольный пласт  $c_8^B$ . Расстояние между ними колеблется от 3,4 до 5,6 м, со средним значением 4 м. Ниже пласта  $c_8^H$  залегает не имеющий промышленного значения угольный пласт со средней мощностью менее 0,5 м. Указанные угольные пласты развиты в аргиллитах и алевролитах. Иногда в кровле пласта  $c_8^B$  встречаются песчаники мощностью 2 – 20 м.

В работах [2, 9] показано, что максимальная мощность породного прослоя между пластами, при котором сближенные пласты можно рассматривать как совокупный волновод для сейсмических полей с характерными для Донбасса частотными характеристиками (диапазон частот 20 – 500 Гц, максимальные частоты максимумов амплитудного спектра не превышают 300 – 350 Гц) составляет 3 – 4 м. При этом наблюдаются пакеты высокочастотных каналовых волн соответствующих данному волноводу. Поэтому была рассмотрена модель, отличающаяся от изображенной на рис. 1 наличием сближенного пласта, расположенного на расстоянии 4 м от того, в котором располагался источник колебаний и сейсмоприемники. На рис. 5 представлена характерная теоретическая сейсмограмма, полученная для случая сближенных пластов, а на рис. 6 – характерные спектры.

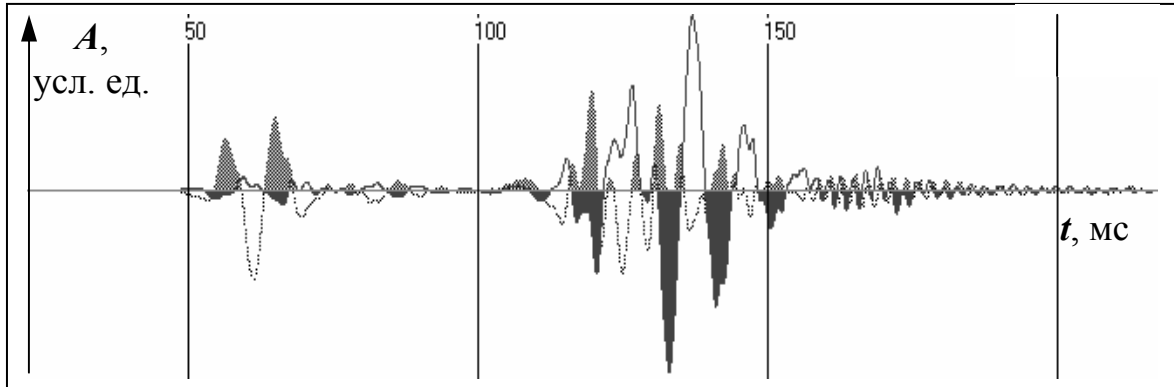


Рис. 5. Теоретическая сейсмограмма для модели пласта  $c_8^H$  с учетом расположенного в 4 м пласта  $c_8^B$

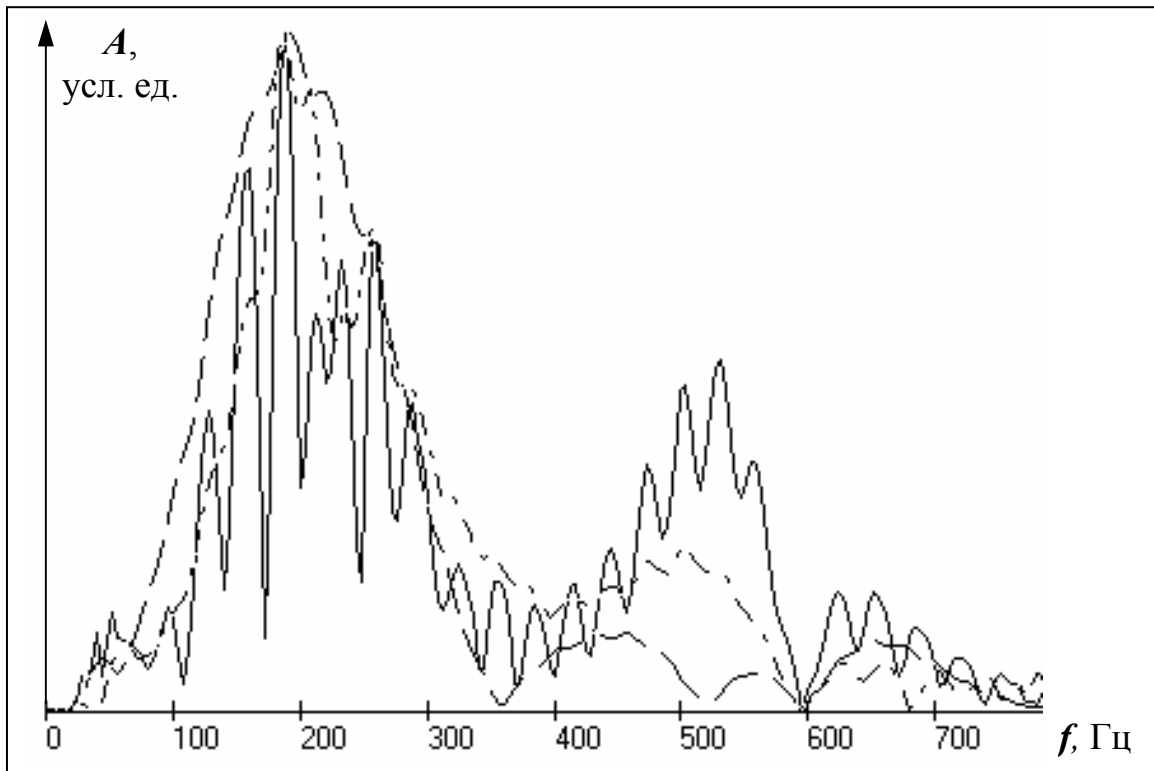


Рис. 6. Спектры для модели пласта  $c_8^H$  с учетом расположенного в 4 м пласта  $c_8^B$  (разными типами линий обозначены спектры при различных параметрах акустических свойств пород в рамках одной стадии эпигенеза)

На сейсмограммах, как и в случае одного пласта, проявляются два волновых пакета: боковая волна сжатия с частотой от 50 до 300 Гц и боковая волна сдвига. В этом случае боковая волна сдвига имеет еще более сложную структуру и большую длитель-

ность. В начальной части волны её частотный диапазон не отличается от частотного диапазона волн сжатия, но затем явно проявляется эффект каналирования энергии, заключающийся в выделении значительного по амплитуде максимума на частоте около 500 Гц. Максимум амплитуды перемещается на 200 – 250 м/с в зону малых скоростей. Однако отдельного пакета каналовых волн, соответствующих волноводу сложного строения, не наблюдается.

Таким образом, анализ волновых полей, формируемых в условиях Западного Донбасса, дает основание сделать заключение о том, что причиной аномальных структур и параметров наблюдаемых волновых полей является принадлежность углевмещающей толщи к зоне инверсии упругих свойств пород и углей на границе раннего и среднего катагенеза. Основным проявлением инверсии упругих свойств является сходность акустических параметров алевролитов, аргиллитов и песчаников, а также относительно слабая акустическая граница между угольным пластом и породами.

### **СПИСОК ССЫЛОК**

1. Анциферов А.В. Механизмы формирования волнового поля сейсмических колебаний угленосной толщей // Сб. научн. тр. Национальной горной академии Украины. – Днепропетровск: НГА Украины. – 2002. – № 13. – Т.1. – С. 60 – 67.
2. Анциферов А.В., Глухов А.А. Сейсмические волновые поля, регистрируемые на угольных пластах Донбасса при решении задач шахтной сейсморазведки / Зб. научных трудов Национального горного университета. – Днепропетровск: НГУ, 2005. – № 23. – С. 120 – 128.
3. Анциферов А.В. Обобщенные характеристики волновых полей, формируемых на угольных пластах Украины при применении сейсмоакустического метода прогноза условий залегания угля // Физико-технические проблемы горного производства. – Донецк: ИФГП. – 2002. – Вып.6. – С. 105 – 115.



4. Азаров Н.Я., Яковлев Д.В. Сейсмоакустический метод прогноза горно-геологических условий эксплуатации угольных месторождений. – М.: Недра, 1988. – 199 с.
5. Анциферов А.В. Теория и практика шахтной сейсморазведки. – Донецк: ООО “Алан”, 2002. – 312 с.
6. Гречухин В.В. Изучение угленосных формаций геофизическими методами – М.: Недра, 1980. – 360с.
7. Гречухин В.В., Топорец С.А. Закономерности изменения физических свойств пород угленосных формаций. Угленосные формации и их генезис. – М.: Наука. 1973. – С. 173 –185.
8. Проведення моделювання розповсюдження хвильових полів у вуглепородному масиві та профільних сейсморозвідувальних робіт для розробки програми і методики 3D сейсморозвідувальних робіт: Звіт про НДР (заключний) // УкрНДМІ / Тіркель М.Г. – Донецьк, 2008. – № ДР 0108U003281. – 191 с.
9. Глухов А.А. Особенности формирования сейсмических волновых полей сближенными пластами и пластами сложного строения // Проблемы гірського тиску. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. – №14. – С. 132 – 157.