

УДК 550.83



М. М. ДОВБНИЧ,
доктор геол. наук
(Национальный
горный университет)



А. И. КОМПАНЕЦ,
инж.
(УкрНИМИ НАН Украины)



Я. В. МЕНДРИЙ,
инж.
(Национальный
горный университет)



И. А. ВИКТОСЕНКО,
инж.
(Национальный
горный университет)

Перспективы геофизики и геомеханики при прогнозе зон тектонических деструкций углепородного массива

На примере 3D сейсморазведочных данных, полученных в пределах поля шахты «Краснолиманская», показана возможность атрибутного анализа сейсмических данных и геомеханического моделирования как инструмента повышения эффективности геолого-геофизических исследований при изучении горно-геологических условий и гарантировании безопасности ведения горных работ.

Прогноз зон тектонических деструкций углепородного массива – важная задача угольной геологии на всех этапах эксплуатации месторождений. И если тектонические нарушения большой и средней амплитуды достаточно уверенно картируются на этапе разведки по данным бурения, то малоамплитудные и безамплитудные зоны обычно устанавливаются лишь в процессе ведения горных работ. Горно-геологические условия добычи при этом осложняются и создается реальная опасность для шахтеров.

Обеспечение безопасности – главная промышленно-функциональная проблема угледобывающих предприятий. Именно поэтому разработка и внедрение инновационных технологий прогнозирования зон тектонических деструкций углепородного массива весьма актуальны. Успешное решение этих вопросов, с одной стороны, позволяет повысить безопасность ведения горных работ,

а с другой – прогнозировать зоны скопления свободного метана, что открывает новые перспективы в освоении нетрадиционных источников углеводородов, ранее недоступных.

Применение геофизических методов – приоритетное направление при прогнозе тектонических нарушений. Сейсморазведка как ведущий геофизический метод занимает лидирующие позиции в изучении областей деструкции геологической среды тектонического генезиса. Мировой опыт и перспективы его применения в Украине рассмотрены в работе [1].

Зоны нарушения сплошности среды со значительными амплитудами смещений достаточно хорошо проявляются в волновом поле и визуально уверенно прослеживаются. Их выделение не требует дополнительных процедур анализа сейсмических данных. В то же время малоамплитудные и безамплитудные зоны тектонических деструкций хотя и находят отражение в волновом поле, но их прогноз крайне субъективен и неоднозначен. В этих условиях обязательным является применение специальных вычислительных алгоритмов, ориентированных на усиление аномальных эффектов в волновом поле, обусловленных зонами тектони-

ческих деструкций. Существует широкий спектр подходов, использующих в качестве поискового признака отдельные особенности проявления зон нарушений сплошности среды в волновом поле [2].

Одно из динамично развивающихся направлений исследовательской деятельности коллектива кафедры геофизических методов разведки Национального горного университета – разработка новых подходов к моделированию и прогнозированию эффектов, возникающих в осадочной толще при ее деформировании в ходе тектонической эволюции. В настоящей работе для изучения областей потенциальных зон нарушения сплошности углепородного массива использован подход расчета когерентности сейсмических данных, реализованный в авторском пакете обрабатывающих программ (разработчик Я. В. Мендрий). Не претендуя на изучение внутреннего строения, оценки степени проницаемости и флюидонасыщенности таких зон, данный подход, тем не менее, позволяет проследить системы зон тектонических деструкций на участке исследований, а в ряде случаев сделать выводы об их генезисе.

В качестве меры когерентности авторы приняли отношение первого собственного значения ковариационной матрицы к общей энергии записи (преимущества показаны в статье [3]). Оценка когерентности обычно выполняется из предположения о горизонтальности осей синфазности, т. е. без учета наклонов границ. Для данных с наклонными отражающими границами это ведет к заведомо ложным результатам. В целях повышения эффективности вычислений и геологической содержательности в настоящей работе используются наклонно-управляемые алгоритмы, разработанные авторами. Для учета наклона рефрактора предложено вычислять когерентность вдоль аппроксимирующей поверхности, наличие которой позволяет рассчитывать дополнительную характеристику – кривизну. Этот параметр также можно рассматривать как признак проявления тектонических деструкций в волновом поле [4].

В качестве примера реализации описанного подхода при прогнозе зон тектонических деструкций углепородного массива рассмотрим результаты переинтерпретации полевых 3D сейсмических материалов, полученных на поле шахты «Краснолиманская». Работы выполнялись по решению правительственной комиссии по исследованию причин и ликвидации последствий аварии, произошедшей на шахте «Краснолиманская» 23 мая 2008 г. Исследования, проводившиеся в режиме научной коопе-

рации исследовательских и производственных организаций (УкрНИМИ НАН Украины, Приднепровская геофизическая разведочная экспедиция и др.), – уникальный для Украины геофизический эксперимент в условиях шахт. Полученные исходные полевые материалы целесообразно использовать в качестве тестовых при внедрении различных подходов прогнозирования зон тектонических деструкций в условиях угольных месторождений.

Площадь выполнения 3D сейсморазведочных работ расположена в пределах блока шахтного поля, сильно осложненного дизъюнктивными нарушениями. Некоторые из них имеют значительную амплитуду и были зафиксированы буровыми работами на этапе разведки. Заметим, что многие вопросы о деталях тектонической модели исследуемой территории остаются открытыми.

На рассматриваемой площади проведены 3D сейсморазведочные работы по технологии площадной съемки методом общей глубинной точки с использованием продольных волн. Применялась наиболее распространенная методика типа «крест» с центральной симметричной расстановкой сейсμοприемников. Номинальная кратность перекрытия составила 36 при размере бина 10×10 м. В результате обработки получен куб суммарного волнового поля на площади $3,6 \times 1,5$ км².

В процессе исследований рассчитаны кубы когерентности и кривизны (рис. 1). Используя информацию о гипсометрии угольного пласта l_3 для более детального анализа аномальных эффектов от зон тектонических деструкций, построено сечение кубов данных атрибутов вдоль указанного пласта (рис. 2).

Совместный анализ срезов когерентности и кривизны позволяет достаточно уверенно проследить зоны тектонических деструкций в пределах территории исследования. При этом выделяются как нарушения сплошности со значительной амплитудой смещений, так и малоамплитудные зоны. Важно отметить, что прогнозируемые зоны хорошо подтверждаются результатами проведенных позже горных работ (рис. 3, а).

Геологическая среда подвержена воздействию механических силовых полей различной природы и, как следствие, находится в некотором напряженно-деформированном состоянии. В общем случае в любой точке геологической среды действует два независимых силовых поля: литостатическое, обусловленное весом вышележащих пород, и тектоническое, определяющее протекание разномасштабных тектонических процессов [5]. Очевидно, что одной из важ-

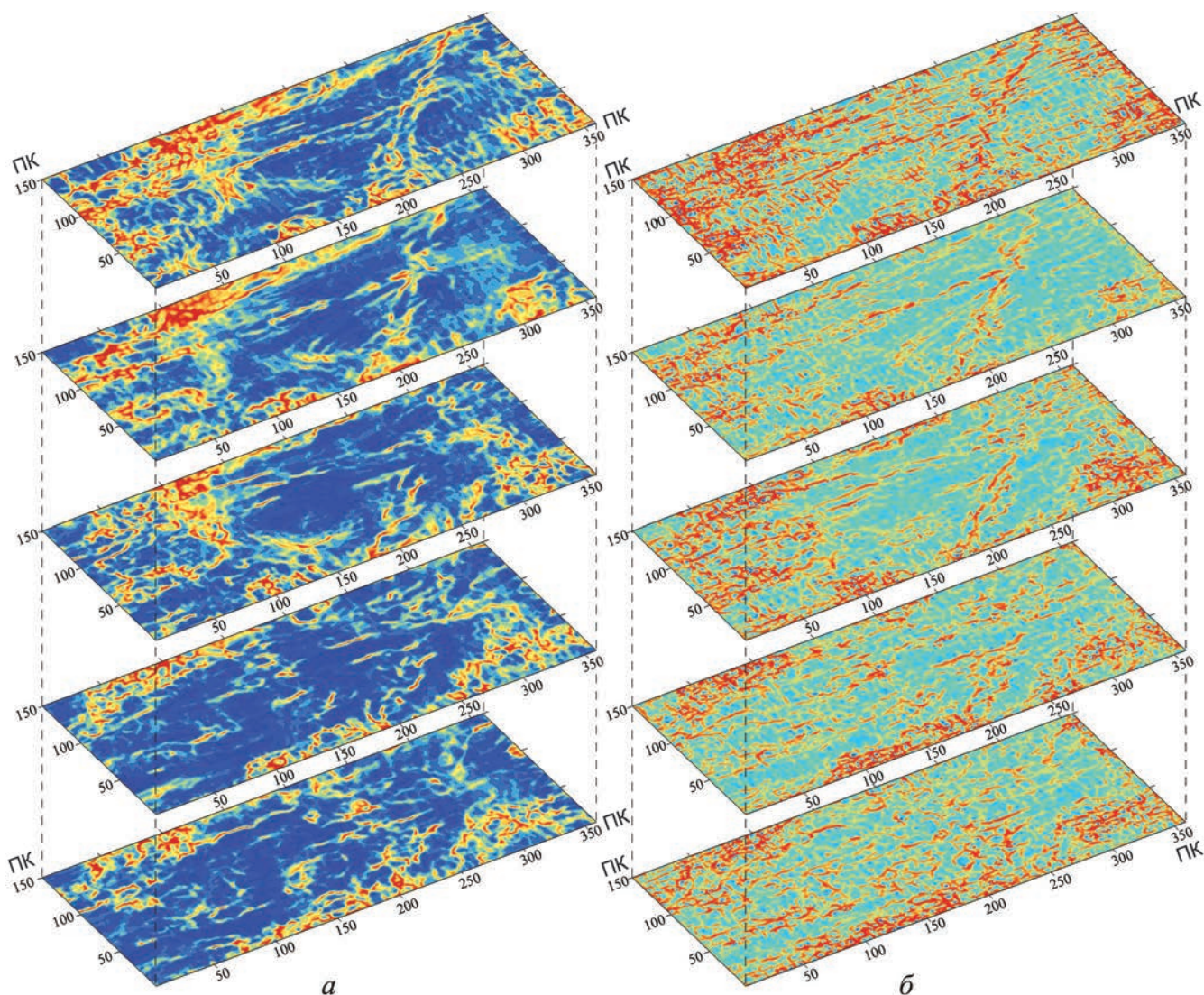


Рис. 1. Горизонтальные сечения куба когерентности (а) и кривизны (б).

нейших характеристик, определяющих формирование зон тектонических деструкций, является напряженно-деформированное состояние геологической среды тектонической природы. Существует широкий спектр причин, обуславливающих возникновение тектонических напряжений. Особую роль играют тектонические напряжения, связанные с деформационными процессами в осадочной толще.

Сейсморазведка – единственный геофизический метод, позволяющий, с одной стороны, выполнить детальные структурные построения исследуемой толщи, где находят отражение суммарные деформации, которые испытывала геологическая среда в ходе своей эволюции от осадконакопления до проявления современной неотектоники, а с другой – на осно-

ве анализа скоростей распространения упругих волн и плотности дать весьма точную информацию об упругих свойствах среды [6]. Подобная информация, в свою очередь, позволяет построить геомеханическую модель, представляющую собой структурную модель с заданными упругими свойствами. Как следствие, появляется информация, необходимая для оценки напряженно-деформированного состояния среды, обусловленного протекающими в ней деформационными процессами. Однако в условиях угольных месторождений она является «экзотической». В то же время отличительная особенность разведки угольных месторождений – относительно высокая степень их изученности буровыми работами. Как следствие, имеется априорная информация

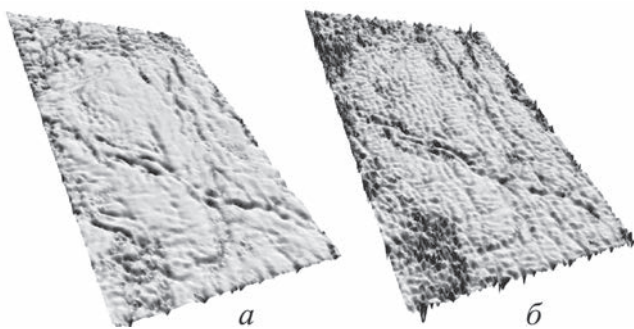


Рис. 2. 3D модели сечения куба когерентности (а) и куба кривизны (б) по пласту l_3 .

о структурно-тектонических моделях исследуемых площадей, которая может стать основой для предварительной оценки напряженно-деформированного состояния углеродного массива, обусловленного протекающими в нем деформационными процессами. Это даст возможность локализовать участки для постановки детальных геофизических исследований.

Указанный подход позволяет выполнять оценку напряжений, связанных с протекающими в ней деформационными процессами, в рамках упругой изотропной модели среды [7, 8]. С привлечением данных о гипсометрии пласта l_3 была получена схема

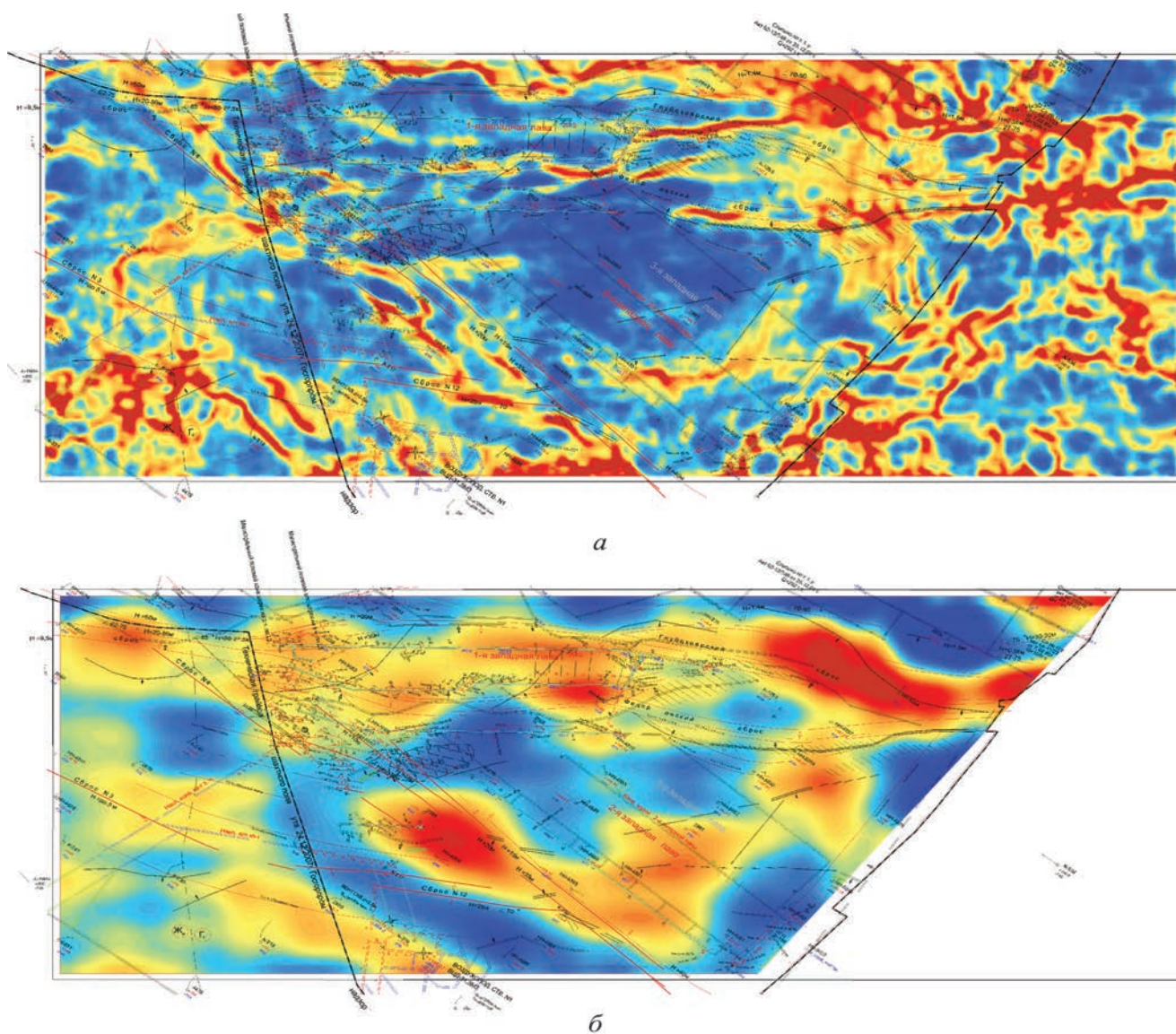


Рис. 3. Схема сопоставления среза когерентности (а) и интенсивности скалывающих тектонических напряжений (б) с выкопировкой из плана горных работ по пласту l_3 .

интенсивности скалывающих тектонических напряжений по пласту (рис. 3, б).

Комплексный анализ результатов геомеханического моделирования и сейсмических данных, направленный на выделение потенциальных зон нарушения сплошности среды, дает основание сделать **выводы** о связи прогнозируемых областей дезинтеграции с аномалиями механических напряжений, обусловленных деформационными процессами в осадочной толще. Таким образом, можно сформулировать возможные механизмы генезиса этих зон и скорректировать тектоническую модель рассматриваемой структуры.

Из полученных результатов следует, что использование в качестве важного прогностического критерия информации о данных моделирования и прогнозирования эффектов, возникающих в осадочной толще при ее деформировании в ходе тектонической эволюции, повысит достоверность и геологическую содержательность локализации зон нарушения сплошности углепородного массива.

Применение передовых технологий прогнозирования зон тектонических деструкций способствует повышению безопасности ведения горных работ при добыче угля, а также открывает новые перспективы в освоении нетрадиционных источников углеводородов, которые ранее были недоступны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анциферов А. В. Применение сейсморазведки при решении проблемы добычи метана угленосных формаций / А. В. Анциферов, В. А. Анциферов, М. Г. Тиркель [и др.] // Геофизический журнал. – 2010. – Т. 32. – № 5. – С. 117–125.
2. Довбнич М. М. Опыт прогноза трещиноватых зон при изучении нефтегазоперспективности юрских отложений Северо-Западной Сибири / М. М. Довбнич, М. С. Мачула, Я. В. Мендрий // Геоинформатика. – 2010. – № 1. – С. 50–57.
3. Gersztenkorn A. Eigenstructure based coherence computations as an aid to 3-D structural and stratigraphic mapping / A. Gersztenkorn, K. J. Marfurt // Geophysics. – 1999. – V. 64. – № 5. – P. 1468 – 1479.
4. Al-Dossary S. 3D volumetric multispectral estimates of reflector curvature and rotation / S. Al-Dossary, K. J. Marfurt // Geophysics. – 2006. – V. 71. – № 5. – P. 41 – 51.
5. Тектонические напряжения в земной коре и устойчивость горных выработок / [И. А. Турчанинов, Г. А. Марков, В. Н. Иванов, А. А. Козырев]. – Л.: Наука, 1978. – 254 с.
6. Козлов Е. А. Модели среды в разведочной сейсмологии / Е. А. Козлов. – Тверь: ГЕРС, 2006. – 480 с.
7. Довбнич М. М. Оценка напряженно-деформированного состояния углепородного массива на основе структурно-скоростных моделей / М. М. Довбнич, В. П. Солдатенко, А. А. Бобылев // Геотехническая механика. – 2008. – Вып. 80. – С. 97 – 101.
8. Полохов В. М. Геомеханическое моделирование деформационных процессов в осадочной толще: оценка напряженно-деформированного состояния и его геологическое истолкование / В. М. Полохов, М. М. Довбнич, В. П. Солдатенко [и др.] // Геоинформатика. – 2011. – № 3. – С. 46 – 53.

Выписывайте журнал «Уголь Украины» на 2012 год

Журнал освещает важнейшие проблемы угольной промышленности в области науки, техники, технологии, безопасности труда, обогащения, шахтного строительства, экономики, экологии шахтерских регионов.

На журнал можно подписаться в любом отделении связи.
Индекс журнала в Каталоге изданий Украины 2012 г. (I полугодие)
74492 (с. 171).