

УДК 550.83:621.644

**ИССЛЕДОВАНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ЗОН
ПОДРАБОТАННОГО МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД
КОМПЛЕКСОМ НАЗЕМНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ**

Туманов В.В., Компанец А.И., Сухинина Е.В., Савченко А.В.
(УкрНИИМИ НАНУ, Донецк, Украина)
Пакин Ю.В.
(ГП «Красноармейскуголь»)

В умовах Західного Донбасу геофізичними дослідженнями вугленосного масиву порід встановлені можливості комплексування сейморозвідувальних (КМЗХ, МЗГТ) і електромагнітного (ПЕМПЗ) методів для прогнозу напружено-деформованого стану порід.

The possibilities for interconnecting seismic prospecting techniques (CMRW, CDPM) with electromagnetic technique (NPEMFE) to forecast mode of rock deformation were ascertained by geophysical investigations of carboniferous rock mass in western part of Donets Basin.

Прогноз тектонического строения и состояния массива горных пород является важной составляющей рационального планирования и проведения горных работ на угольных шахтах Донбасса.

Разведочная геофизика является наиболее эффективным способом прогноза горно-геологических условий, как по стоимости работ, так и по полноте получаемой информации. Сейсмические исследования методом отраженных волн с поверхности Земли на шахтных полях Донбасса начали проводиться с 70-х годов 20 века [1-3]. Накоплен большой опыт, изучены основные закономерности, связывающие характеристики регистрируемых волн

новых полей с геологическим строением и тектонической структурой углевмещающих отложений. В комплексе с разведочным бурением сейсмические исследования в Донбассе успешно применялись в основном для определения и уточнения тектонического строения массива пород. С 90-х годов 20 века в Донбассе началось активное применение метода, основанного на регистрации импульсов естественного электромагнитного поля Земли для изучения тектонического строения и качественной оценки напряженного состояния массива пород. Сейсмические исследования для оценки напряженного состояния угленосного массива пород почти не используются. Известные примеры относятся к сейсмической томографии угольных пластов методом подземной сейсморазведки [4] и к мониторингу горного массива способом регистрации акустической эмиссии [5].

Несмотря на успехи геофизических методов для прогноза горно-геологических условий разработки угольных месторождений Донбасса, существует много нерешенных задач. Главное затруднение вызвано тем, что геофизические методы основаны на регистрации суммарных физических полей, сгенерированных множеством различных источников в массиве горных пород. Поэтому зависимости, связывающие характеристики регистрируемых на поверхности массива горных пород физических полей со строением и состоянием массива, имеют сложный неоднозначный характер.

Основным способом повышения однозначности и полноты геофизического прогноза является комплексирование различных геофизических методов и разведочного бурения.

В данной статье рассматриваются результаты комплексного анализа материалов сейсмических и электромагнитных исследований угленосного массива пород на примере поля шахты «Днепровская» в Западном Донбассе.

Ранее, в период доразведки угольного месторождения, на поле шахты «Днепровская», были выполнены исследования тектонического строения угленосного массива методом сейсморазведки силами Луганской геофизической экспедиции, методом ЕИЭМПЗ – Днепропетровского отделения УкрГГРИ. По результатам этих работ составлена модель аномальных зон ЕИЭМПЗ и

складчатого строения угольного пласта c_{10}^B блока прирезки поля шахты «Днепровская». В горных выработках, пройденных позже к северу от отработанных лав, отдельные прогнозные мелкоамплитудные нарушения не подтвердились. Поэтому задача уточнения тектонического строения массива пород оставалась актуальной.

В 2007 году в УкрНИМИ проводилась работа по изучению геофизических полей на подработанных и не подработанных территориях. Экспериментальные исследования были выполнены на участке поля шахты «Днепровская». Целью исследований на данном участке было уточнение тектонического строения угленосного массива горных пород, а также оценка напряженного состояния пород и подтопления шахтного поля.

Для решения поставленных задач выбраны следующие геофизические методы: сейсморазведка методом отраженных волн в модификации общей глубинной точки (МОГТ), сейсморазведка корреляционным методом преломленных волн (КМПВ), а также бесконтактный метод регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). Опыт применения указанных методов для решения аналогичных задач изложен в справочной и технической литературе [6-10].

Геофизические исследования были проведены с привлечением полной геологической информации об участке исследований.

Общие сведения об участке исследований.

Экспериментальный участок геофизических исследований расположен в центральной части поля шахты «Днепровская» на территории размером 1,3 x 2,0 км² между проекциями на поверхность Земли северного уклона пласта c_{10}^B горизонта 285 м и породного конвейерного квершлага горизонта 340 м.

Шахта «Днепровская» находится на территории Павлоградского и Петропавловского районов Днепропетровской области. Поле шахты приурочено к бассейну реки Самары. Рельеф земной поверхности равнинный, изрезанный балками и оврагами, впадающими в пойму р. Самары.

Геологический разрез рассматриваемого участка представлен породами продуктивной толщи нижнего карбона (свита C_1^3

“Самарская”) и перекрывающими их осадочными образованиями кайнозоя (палеоген, неоген и четвертичные отложения). Породы карбона представлены чередованием слоев песчаника, алевролита, аргиллита мощностью порядка десятков метров. Прослой углей и известняков по мощности имеют подчиненный характер. Мощность пластов песчаника на участке исследований достигает значений 20 – 40 м.

Падение пород – северо-восточное, пологое – 2-5°.

Тектоническое строение участка достаточно сложное и характеризуется повсеместным развитием дизъюнктивных и пликативных нарушений различной амплитуды. Как показывает опыт, при ведении подготовительных и очистных работ, помимо выявленных разведкой, вскрывается множество мелкоамплитудных нарушений и зон интенсивной трещиноватости пород. Ширина последних достигает 50 м и более.

Исследуемый разрез относится к VI- VII стадиям эпигенеза пород (по В.В. Гречухину). Согласно ДСТУ 3472-96 угли свиты C_1^3 относятся к марке «ДГ».

Гидрогеологические условия в пределах шахтного поля сложные. В осадочных породах выделяется более 10-ти водоносных горизонтов и комплексов. Наибольшее влияние на обводненность горных выработок оказывает бучакский водоносный горизонт, представленный кварцево-глауконитовыми, буровато-серыми и темно-серыми глинистыми песками, которые обладают пльвунными свойствами. Глубина залегания бучакского горизонта от 49 до 115 м, мощность изменяется от 3 до 26 м. Бучакский водоносный горизонт гидравлически взаимосвязан с выше и ниже расположенными водоносными горизонтами.

Сейсмические исследования

Сейсмические исследования проводились по двум профилям (ПР1 и ПР2) общей протяженностью 3.25 км (рис. 1).

Профили были расположены на поверхности Земли таким образом, чтобы пересечь границу отработки угольных пластов. Сейсмические исследования выполнялись по стандартной методике [9] с шагом между источниками и приемниками сейсмических колебаний равным 15 м.

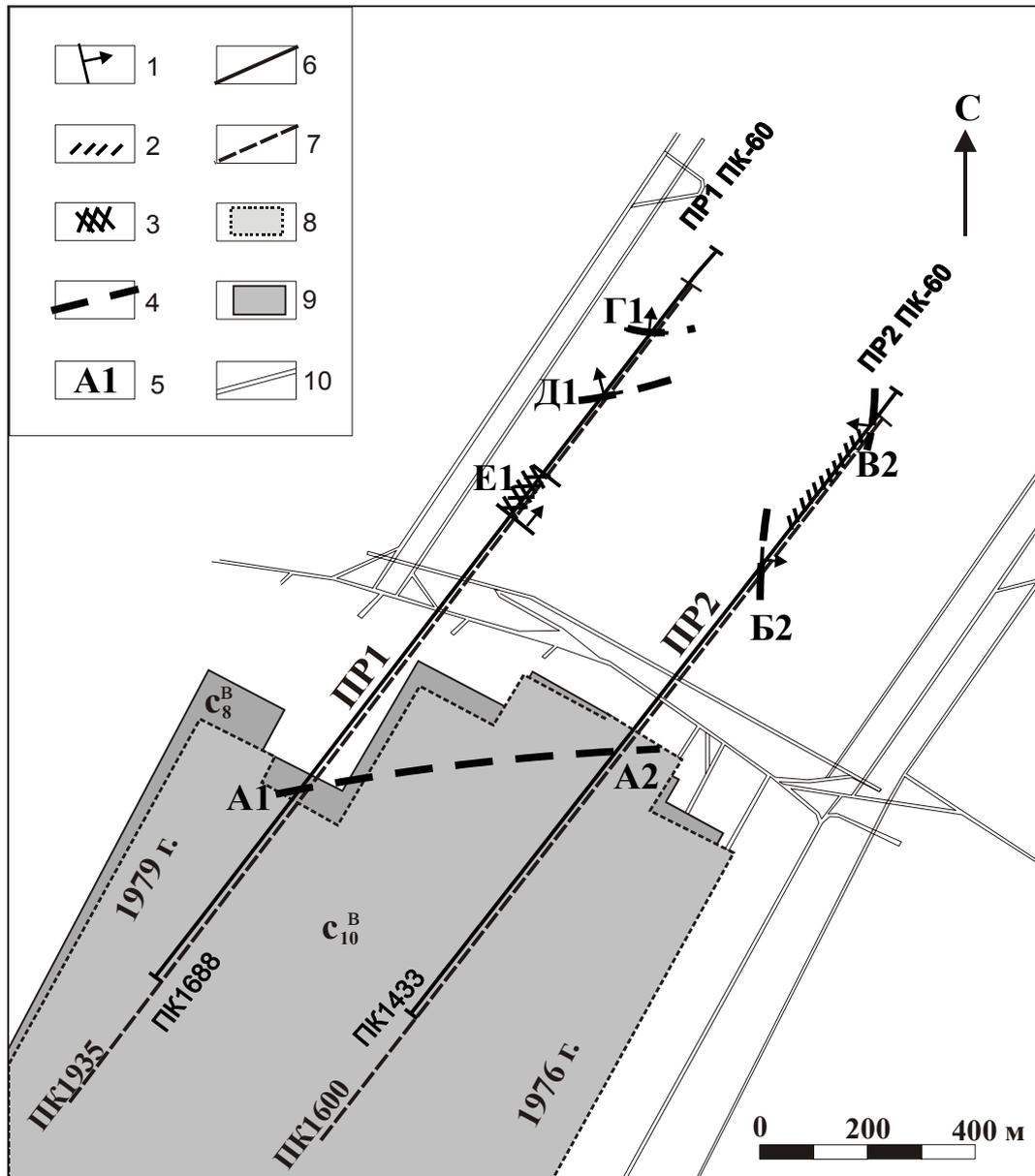


Рис. 1. Результаты геофизических исследований на поле шахты “Днепровская”: 1 - тектоническое нарушение на уровне пласта c_{10}^B ; 2 - зона повышенной трещиноватости пород на уровне пласта c_{10}^B ; 3 - зона интенсивно трещиноватых пород во всем интервале глубин сейсмического разреза; 4 - предполагаемое положение нарушения пласта c_{10}^B между сейсмическими профилями; 5 - наименование нарушения; 6 - сейсмический профиль; 7 - профиль ЕИЭМПЗ; отработанные участки по угольным пластам: 8 - c_{10}^B и 9 - c_8^B ; 10 - горные выработки

В результате обработки и интерпретации материалов полевых сейсмических исследований корреляционным методом преломленных волн (КМПВ) построен сейсмогеологический разрез в интервале глубин 0 – 130 м (рис. 2).

Первый от земной поверхности слой представлен почвенно-растительным слоем и рыхлыми лессовыми суглинками. Мощность слоя 2 - 23 м, скорость продольных сейсмических волн имеет значения 330-340 м/с.

Ниже по разрезу залегают неогеновые глины с ориентировочной мощностью 18 м. По направлению к началу профиля глинистый слой выклинивается, а на отдельных интервалах профиля частично замещается песками. Мощность песчаных линз составляет 16 - 26 м, скорость продольных волн имеет значения 860-900 м/с. Скорость продольных волн в неогеновых глинах меняется от 1400 м/с до 1800 м/с.

Следующий слой, скорее всего, представлен преимущественно песчаной толщей верхнего палеогена со средней мощностью 20 м и скоростью продольных волн 900 м/с.

На глубине 50-60 м залегают сильно обводненные пески бучакской свиты среднего палеогена. Их мощность колеблется в пределах значений 60-90 м, а скорости продольных волн в этих отложениях имеют значения 1600 - 1700 м/с.

Последняя преломляющая граница характеризует поверхность выветренных пород карбона, значения скорости продольных волн вдоль этой границы меняются в пределах 2300-2800 м/с.

Часть профиля пройдена над отработанными угольными пластами. В подработанном интервале разреза отмечаются характерные изменения акустических свойств. Скорости продольных волн в породах карбонового возраста и песках бучакской свиты падают до значений 2300 м/с и 1600 м/с соответственно.

По-видимому, в этих слоях проявилось разрушающее воздействие подработки.

В неогеновых глинах скорость продольных волн повышается до значений 1700-1800 м/с, что свидетельствует об их обводнении.

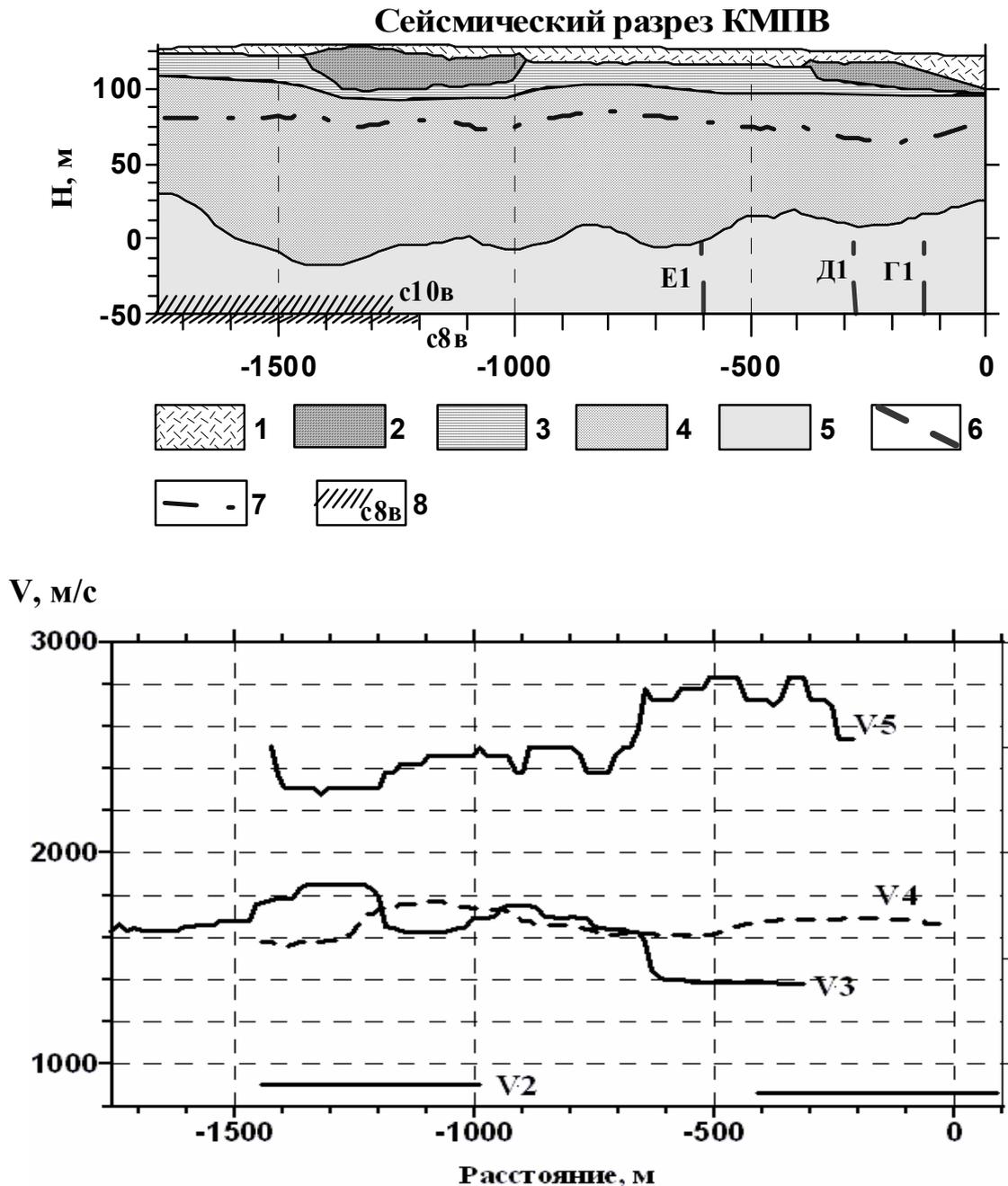


Рис. 2. Результаты исследований КМПВ по профилю 1 на участке поля шахты “Днепровская”: 1 – рыхлый слой Q; 2 - песок Q; 3 – глина N; 4 – песчано-глинистый слой P_g; 5– породы карбона; 6 – тектонические нарушения; 7 – уровень подземных вод; 8 – проекция отработанных угольных пластов на линию профиля; скорости продольных сейсмических волн: V2 – в отложениях Q, V3 – в глине N, V4 – в отложениях P_g, V5 – в породах карбона

Наблюдается повышение скорости продольных волн до значения 900 м/с в приповерхностной песчаной линзе, что также указывает на ее повышенную влажность по сравнению с линзой песка в начале профиля № 1, где скорость продольных волн имеет значение 860 м/с.

Кроме того, над отработанным пространством угольных пластов c_8^B и c_{10}^B повышается уровень верховодки до 2-5 м по сравнению с глубиной 10-20 м на остальной части профиля.

Для более наглядного представления о характере изменения скорости волн по горизонтали были построены графики скорости продольных сейсмических волн для каждого слоя сейсмогеологического разреза КМПВ (см. рис. 2). Скорости волн в линзовидных песках и влажных рыхлых суглинках представлены параметром V2. Скоростной параметр V3 характеризует неогеновые глины. Скорости продольных волн в песках бучакской свиты и в породах карбонового возраста в зоне выветривания характеризуются параметрами V4 и V5 соответственно.

Наблюдается заметная корреляция взаимного изменения параметров V3, V4 и V5 с границами отработанного пространства угольных пластов. В подработанной толще осадочных пород значения V4 и V5 уменьшаются по сравнению с не подработанным интервалом профиля, а значения V3 возрастают.

Наблюдается влияние отработки угольных пластов c_{10}^B и c_8^B , имеющих практически совпадающие в плане контуры отработки, на изменение акустических параметров сейсмогеологического разреза. В подработанном массиве прочностные свойства пород карбона и водоупора над бучакскими песками снизились, что отразилось в уменьшении скорости продольных сейсмических волн. В результате разупрочнения и увеличения трещиноватости породного водоупора над бучакскими песками, напорные воды этого горизонта начали интенсивно подпитывать вышележащие водоносные горизонты в отложениях киевской и харьковской серии пород.

В результате интенсивного обводнения средних слоев разреза напорными водами поднялся уровень верховодки, а также увеличилась степень обводнения поверхностных песков, суглинков и неогеновых глин. Естественно, это повлияло на увеличение ско-

рости продольных сейсмических волн верхней части разреза над отработанными угольными пластами. Результат интенсивного обводнения верхних слоев разреза на подработанной территории проявился в виде заболачивания земной поверхности, хотя эта часть поверхности выше по абсолютным отметкам, по сравнению с не подработанной территорией участка исследований (поверхность Земли плавно понижается к началу профиля на 10 м).

Глубинные разрезы МОГТ характеризуют породы карбона в интервале между угольными пластами c_5 и c_{10}^B (рис. 3, 4). В этом интервале глубин наблюдаются устойчивые отражения, сформированные слоистой толщей осадочных пород: алевролитов, аргиллитов и песчаников общей мощностью порядка 150 м. Пласты песчаников по данным бурения имеют мощность от 20 до 40 м.

Положение угольного пласта c_{10}^B на глубинных разрезах определено способом экстраполяции глубин залегания отражающих границ. Этот способ основан на представлении о согласном залегании угольных пластов и поверхностей напластования пород, на которых происходит отражение сейсмических волн, при этом было использовано известное из данных бурения расстояние между песчаником c_5Sc_7 и угольным пластом c_{10}^B .

По характерным признакам, таким как потеря корреляции отраженных волн, затухание энергии волн, резкое изменение глубины залегания отражающих границ, на глубинных разрезах МОГТ были выделены зоны тектонических нарушений в толще пород под угольным пластом c_{10}^B . Линии скрещения плоскостей сместителей нарушений с плоскостью сейсмического разреза экстраполированы на уровень угольного пласта c_{10}^B и выше до поверхности пород карбона.

Нарушения угольного пласта c_{10}^B с каждого глубинного разреза МОГТ перенесены на план расположения сейсмических профилей (см. рис. 1).

Нарушение А1 - А2 является, скорее всего, флексурной складкой с амплитудой порядка десяти метров, в районе профиля № 2 складка осложнена сбросом (А2).

Остальные нарушения имеют, по-видимому, разрывной характер и небольшую амплитуду смещения порядка и меньше мощности угольного пласта c_{10}^B .

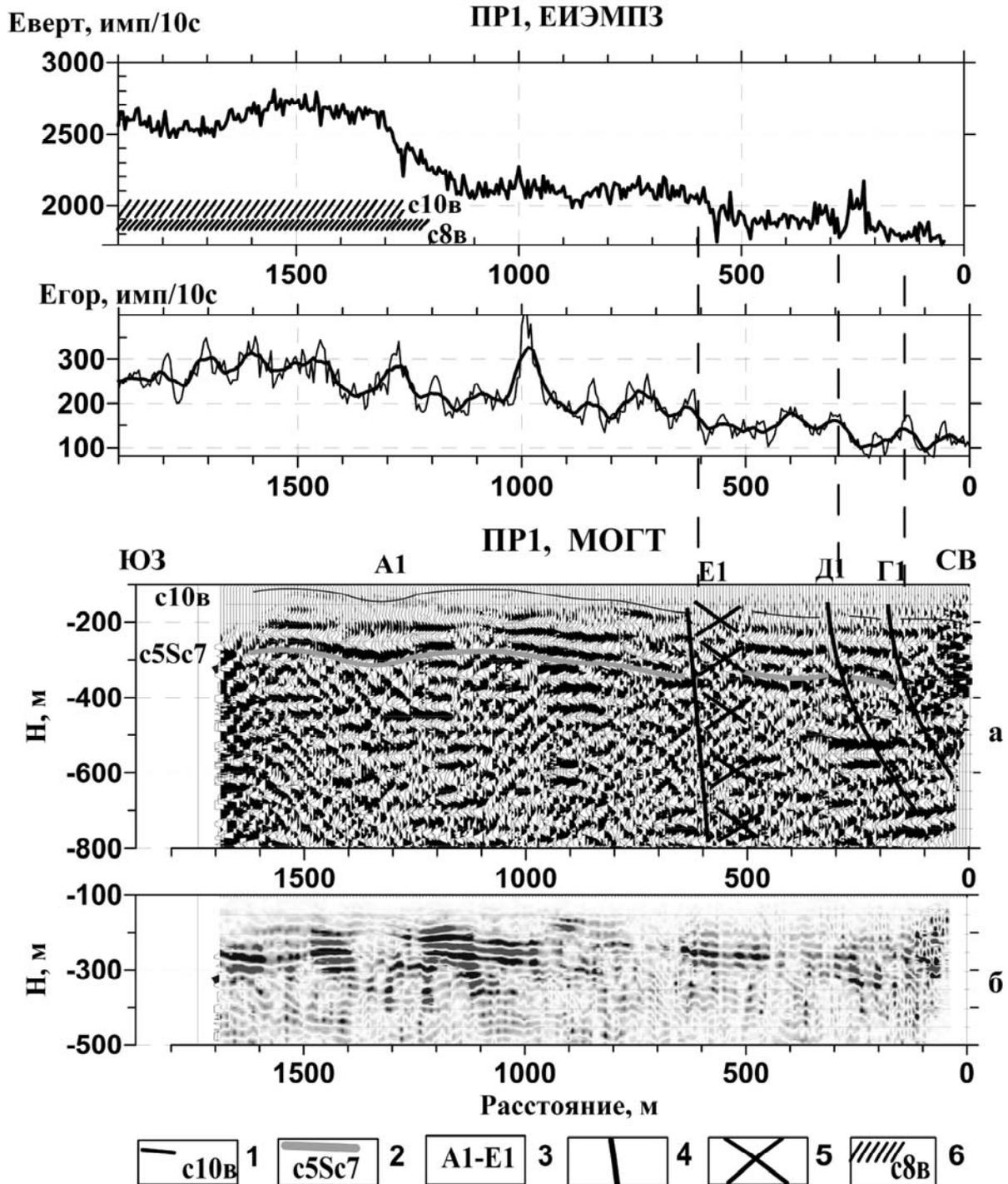


Рис.3. Результаты геофизических исследований МОГТ и ЕИЭМПЗ по профилю № 1 на участке поля шахты "Днепровская": 1 – угольный пласт c_{10}^B ; 2 – песчаник c_5Sc_7 ; 3 – названия нарушений; 4 – тектоническое нарушение; 5 – зона повышенной трещиноватости пород; 6 – проекция отработанных угольных пластов на линию профиля

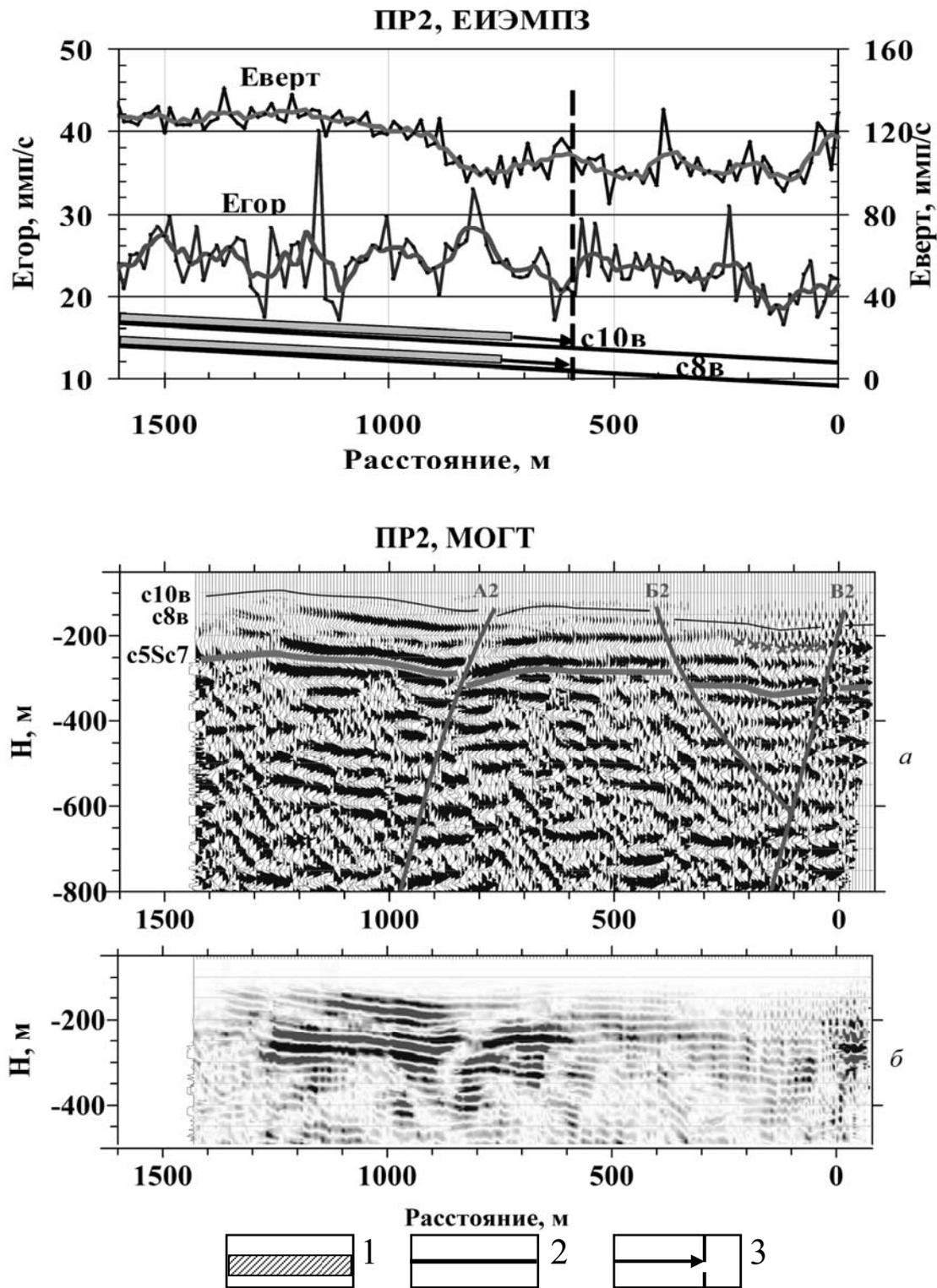


Рис. 4. Результаты геофизических исследований МОГТ и ЕИЭМПЗ по профилю № 2 на участке поля шахты "Днепровская": 1 – отработанный угольный пласт; 2 – неотработанная часть угольного пласта; 3 – граница мульды сдвижения на поверхности земли

Разрывное нарушение E1 характеризуется довольно широкой зоной трещиноватых перемятых пород. Между сбросами B2 и B2 наблюдается широкая зона повышенной трещиноватости пород. Остальные нарушения имеют минимальную зону влияния

С выходом тектонических нарушений под рыхлые покровные отложения связаны небольшие (10-15 м) депрессии поверхности пород карбона, происхождение которых, возможно, связано с более интенсивным выветриванием пород в зонах тектонических нарушений.

Геофизические исследования методом ЕИЭМПЗ

В задачу исследований естественного импульсного электромагнитного поля Земли методом ЕИЭМПЗ входила качественная оценка величины механического напряжения отдельных блоков в изучаемом горном массиве, а также выявление тектонических нарушений и трещиноватых обводненных зон. Исследование выполнено в соответствии с [10] с помощью дистанционного электромагнитного измерителя напряжений – прибором «ДЕМОН». Прибор позволяет проводить измерение плотности потока ЕИЭМПЗ в частотном диапазоне 3-50 кгц с временной выборкой подсчета количества импульсов от 0,1 до 10 с.

Теория и практика метода естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) подробно изложена в работах [11-12].

Основные закономерности, позволяющие прогнозировать нарушенное и напряженное состояние угленосного массива горных пород методом ЕИЭМПЗ следующие:

- в местах выработок, испытывающих деформации, отмечается рост значений ЕИЭМПЗ;
- практически все вывалы пород расположены на участках с повышенным значением поля;
- на участках с аномальным возрастанием плотности потока ЕИЭМПЗ отмечаются выбросы угля, породы и газа;
- зоны разрывных нарушений характеризуются пониженными значениями ЕИЭМПЗ;
- участки горных выработок с водопроявлением характеризуются снижением плотности потока ЕИЭМПЗ в 1,5-2 раза, при-

чем, чем выше степень обводненности зоны, тем наблюдаемое поле ниже.

Относительная величина аномалии позволяет качественно судить об интенсивности проявления нарушения пород. Однако остается не выясненным вопрос влияния подработки территорий на значения плотности потока ЕИЭМПЗ.

Исследования подработанного массива горных пород методом ЕИЭМПЗ выполнены по профилям №№ 1 и 2, которые были расположены таким образом, чтобы пересечь границу отработки угольных пластов (см. рис.1). Шаг наблюдения по профилю № 1 составил 5 м, по профилю № 2 – 15 м. В процессе исследований измерялись две составляющие поля ЕИЭМПЗ: вертикальная ($E_{\text{верт}}$) и горизонтальная ($E_{\text{гор}}$). На профиле № 1 выполнено по одному измерению продолжительностью 10 с в каждой точке профиля, на профиле № 2 - по пяти измерениям по 1 с каждое.

Результаты измерений плотности потока ЕИЭМПЗ по профилю № 1 свидетельствует о следующем (см. рис. 3):

- значения $E_{\text{верт}}$ ЕИЭМПЗ изменяются от 170 имп/с до 270 имп/с; среднее значение плотности потока ЕИЭМПЗ равно 200 имп/с на не подработанной территории и 260 имп/с на подработанной, стандартное отклонение равно 10 имп/с; более высокие значения плотности потока ЕИЭМПЗ над подработанным массивом горных пород по сравнению с не подработанным противоречат ожидаемому низкому значению поля, видимо связь между значениями ЕИЭМПЗ и напряженным состоянием пород на данном участке исследований имеет более сложный характер;

- над границей отработки угольных пластов значения $E_{\text{верт}}$ увеличиваются плавно на 30 %. Горизонтальная компонента $E_{\text{гор}}$ возрастает на 70 %;

- на ПК 1000 м, соответствующем расчетному положению границы мульды сдвижения пород на поверхности земли от пласта c_8^B , отмечается аномалия, превышающая фоновые значения горизонтальной компоненты ЕИЭМПЗ в 2 раза. А на границе мульды сдвижения пород от пласта c_{10}^B (ПК1200) значения горизонтальной компоненты ЕИЭМПЗ возрастают на 22 %;

- в интервале профиля от границы мульды сдвижения пород до проекции границы горных работ на поверхность Земли отмечается незначительное (на 3 %) снижение как $E_{\text{верт}}$ так и $E_{\text{гор}}$;

- на неподроботанном участке профиля отмечается несколько интервалов небольшой протяженности (десятки метров) с пониженными значениями плотности потока ЕИЭМПЗ, которые, вероятно, связаны с тектоническими нарушениями массива пород.

Похожие результаты были получены на профиле № 2 (см. рис. 4):

- значения $E_{\text{верт}}$ ЕИЭМПЗ по профилю № 2 изменяются от 90 имп/с до 140 имп/с; в среднем равно 100 имп/с на неподроботанной территории и 125 имп/с на подроботанной, стандартное отклонение равно 5 имп/с;

- также как и по профилю № 1 на профиле № 2 над границей отработки угольных пластов наблюдается возрастание значений ЕИЭМПЗ: $E_{\text{верт}}$ на 25 % и $E_{\text{гор}}$ на 3 %;

- над границей мульды сдвижения пород на поверхности Земли на ПК 600 м наблюдаются менее выраженные положительные аномалии ЕИЭМПЗ, чем по профилю № 1;

- в интервале профиля от границы мульды сдвижения пород до проекции границы горных работ на поверхность Земли, как и на профиле № 1, отмечается незначительное (на 3-5 %) снижение как $E_{\text{верт}}$ так и $E_{\text{гор}}$;

- на неподроботанном участке профиля отмечается несколько интервалов небольшой протяженности (десятки метров) с пониженными значениями плотности потока ЕИЭМПЗ, которые могут быть связаны с тектоническими нарушениями массива пород.

Комплексный анализ результатов сейсмических и электромагнитных исследований

Сравнение результатов сейсмических и электромагнитных исследований показало, что существует связь аномалий ЕИЭМПЗ с тектонической нарушенностью массива пород по данным сейсморазведки МОГТ.

Нарушение А1-А2, выявленное на разрезе МОГТ как флексурная складка сравнительно большой амплитуды (десятки метров), практически не отразилось на значениях поля ЕИЭМПЗ.

Наблюдается небольшое понижение значений $E_{\text{верт}}$ вдоль оси складки на 20 % в области А1 и на 3 % в области А2, что свидетельствует о повышенной трещиноватости пород в узкой зоне вдоль оси складки.

Широкая зона трещиноватых пород Е1, выделенная на сейсмическом разрезе МОГТ, характеризуется незначительным (до 5-10 %) снижением значений обеих компонент ЕИЭМПЗ. Отмечаются более значительные (до 15-20 %) снижения их значений на границах аномальной зоны. Значения $E_{\text{верт}}$ характеризуются возрастанием в 2 раза стандартного отклонения от 100 имп/с вне аномалии до 200 имп/с в аномалии. В целом по данным ЕИЭМПЗ зона Е1 характеризуется резко неоднородным напряженно-деформированным состоянием пород.

Плоскость сместителя нарушения Д1 на сейсмическом разрезе МОГТ характеризуется на графике ЕИЭМПЗ узкой (до 20 м) зоной пониженных на 10-15 % значений $E_{\text{верт}}$.

Нарушение Г1 характеризуется слабо выраженной аномалией пониженных (до 5 %) значений $E_{\text{верт}}$.

Нарушение Б2, выделенное на сейсмическом разрезе МОГТ по смещению поверхностей напластования пород, слабо выражено в результатах ЕИЭМПЗ, отмечается положительный всплеск на графике $E_{\text{верт}}$ на пикете 390 м, что может быть связано с локальным напряженным состоянием пород северо-восточного крыла нарушения.

Широкая зона повышенной трещиноватости пород между сбросами Б2 и В2, выделенная на разрезе МОГТ, отражается снижением значений ЕИЭМПЗ на 5-10 %. Более высокие значения $E_{\text{верт}}$ от нарушения В2 к началу профиля могут быть связаны с повышенным напряженно-деформированным состоянием пород северо-восточного крыла нарушения в сравнении с юго-западным.

Следует рассмотреть отдельно участок геофизических исследований над отработанным пространством угольных пластов c_8^B и c_{10}^B . На этом участке были получены неожиданные результаты, как по результатам сейсморазведки МОГТ, так и по результатам ЕИЭМПЗ.

Если обратить внимание на динамику отраженных сейсмических волн, видно, что амплитуда отраженных волн под угольными пластами c_8^B c_{10}^B на участке их отработки заметно выше, чем на остальной части профиля, где угольные пласты еще не отрабатывались. Более отчетливая динамическая картина проявляется при визуализации глубинных разрезах МОГТ в цвете (в оттенках серого) (см. рис. 3б, 4б). Разрезы МОГТ предварительно пересчитаны с сохранением динамики волн по каждой трассе. Практика сейсмических исследований показывает, что энергия отраженных волн под отработанными угольными пластами существенно падает. Это связано с затуханием энергии волн, которые проходят через разрушенное горными работами пространство. На участке поля шахты «Днепровская» между проекциями на поверхность Земли северного уклона пласта c_{10}^B горизонта 285 м и породного конвейерного квершлага горизонта 340 м была получена противоположная картина.

Результаты электромагнитных исследований ЕИЭМПЗ на участке отработки угольных пластов также противоречивы. Взамен ожидаемого понижения уровня естественного электромагнитного поля над трещиноватыми и обводненными по данным сейсморазведки КМПВ породами, наблюдается повышение уровня плотности потока импульсов ЕИЭМПЗ (см. рис. 3, 4). Теория и практика исследований утверждает, что над трещиноватыми и обводненными породами уровень естественного электромагнитного поля понижается.

Так как в методе ЕИЭМПЗ регистрируется суммарный поток импульсов, возможно, на глубине ниже отработанных угольных пластов породы находятся в более напряженном состоянии и генерируют мощный поток электромагнитных импульсов. При этом становится понятным и повышение энергии отраженных волн ниже уровня отработанных угольных пластов. Под влиянием повышенного напряжения изменяются скорости упругих волн в горных породах. Причем в слоях песчаников (зернистых пористых породах) скорости возрастают, а в слоях аргиллитов (сплошных плотных) скорости практически не меняются [6]. Вследствие этого повышается акустическая контрастность отражающих границ на поверхностях напластования пород. Это приводит к воз-

растанию коэффициента отражения, а значит и энергии отраженных волн.

Область повышенных напряжений в большей своей части совпадает с опущенным крылом флексурной складки. Вероятно, природа аномально высокого напряжения связана с тектоническими процессами в прошлом и настоящем геологическом времени.

Однако, это только одно из возможных объяснений. Желательно исследовать аномальный участок другими методами, а также продолжать дальнейшие всесторонние исследования напряженного состояния массива горных пород комплексом методов на других участках шахтных полей.

ВЫВОДЫ

Комплексный анализ результатов сейсмических и электромагнитных исследований участка поля шахты «Днепровская» показал, что оба эти метода хорошо подтверждают и дополняют друг друга при прогнозе тектонической структуры и напряженного состояния массива пород.

Было установлено, что самостоятельное использование метода ЕИЭМПЗ для прогноза трещиноватых обводненных зон в подработанном массиве горных пород недопустимо, так как одна из составляющих общего потока импульсов естественного электромагнитного поля может исказить воздействие трещиноватости и обводнения на общую величину плотности потока.

Сейсмические методы КМПВ и МОГТ дают достаточно полную картину повышенной трещиноватости и обводненности пород в подработанном массиве, но не могут без привлечения метода ЕИЭМПЗ объяснить возможное аномальное увеличение энергии отраженных волн на подработанном интервале сейсмогеологического разреза.

Показано, что в слоистых средах, представленных чередованием песчаных и глинистых пород, в напряженном состоянии энергия отраженных волн выше, чем в спокойном разгруженном состоянии.

Метод ЕИЭМПЗ реагирует на подработку массива пород между границами горных работ и мульдой сдвижения. На грани-

це мульды сдвижения пород наблюдаются положительные аномалии плотности потока ЕИЭМПЗ (от 3-10 % до 100 %), а в интервале от границы мульды сдвижения пород до проекции границы горных работ на поверхность наблюдается снижение плотности потока ЕИЭМПЗ (на 3-5 %).

Было также установлено, что величина амплитуды смещения пликативных и дизъюнктивных нарушений не влияет на значение плотности потока импульсов ЕИЭМПЗ. Степень уменьшения значений поля ЕИЭМПЗ больше зависит не от амплитуды нарушения, а от степени трещиноватости пород и ширины зоны влияния нарушения.

Выявленные закономерности повышают однозначность и достоверность горно-геологического прогноза.

Таким образом, комплексирование методов сейсморазведки КМПВ, МОГТ и электроразведочного метода ЕИЭМПЗ позволяет исследовать тектоническое строение и нарушенность угленосного массива, а также качественно оценивать напряженное состояние пород, что представляет практический интерес для разработки мероприятий по их учету.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Вереда В.С., Юрченко Б.К., Губин В.Н. и др. О прогнозе мелких тектонических нарушений в угленосных отложениях Донбасса // Изучение геофизическими методами малоамплитудной тектоники угольных месторождений. – М.: Недра, 1977. – С. 15-18.
2. Хохлов Т.М., Харитонов О.М., Трифонов П.Г. и др. Многоволновые сейсмические исследования угольных месторождений Донбасса. – Киев: Наук. думка, 1990. – 132 с.
3. Тиркель М.Г., Компанец А.И., Сухина Е.В. Особенности обработки данных наземной сейсморазведки тектонической нарушенности угольных пластов // Сб. тр. ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск, 2002. – № 35. – С. 96-101.
4. Глухов А.А., Компанец А.И., Педченко М.А. Использование шахтной сейсморазведки для прогноза зон повышенного гор-

- ного давления на отрабатываемых угольных пластах Донбасса // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – Донецьк, 2007. - №1. – С. 69-81.
5. Watanabe Y., Nakajima J. The application of AE techniques as a forecasting method to the rock and gas outburst in coal mine. // XIX International conference of research institutes in safety in mines. - Katowice, Poland, 1981. - P. 564-573.
 6. Сейсморазведка: Справочник геофизика. // Под ред. И.И.Гурвича, В.П. Номоконова. - М.: Недра, 1981. - 464 с.
 7. Хмелевской В.К. Электроразведка. - М.: Изд-во МГУ, 1984. - 420 с.
 8. Комплексование методов разведочной геофизики: Справочник геофизика. - М.: Недра, 1984.- 385 с.
 9. Методика поверхностной сейсморазведки нарушений РД 12.001 59226.006-94 // Разраб. УкрНИМИ. – Донецк: УкрНИМИ, 1994. – 20 с.
 10. Методические рекомендации по изучению напряженного состояния горных пород методом ЕИЭМПЗ // Разраб. ИМР. - Симферополь: ИМР, 1991. - 27 с.
 11. Туманов В.В., Савченко А.В., Богак М.Ю. и др. Оценка геодинамического строения шахтных полей геофизическими методами // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – Донецьк, 2007. - №1. – С. 115-127.
 12. Некоторые результаты применения метода наблюдения ЕИЭМПЗ в подземных сооружениях (в выработках шахт, метро, тоннелях) / И.С. Белый, М.М. Довбнич, Г.П. Кузина, Г.М. Стovas // – Горная геология, геомеханика и маркшейдерия: Сб. науч. докл. -Донецк: УкрНИМИ НАН Украины, 2004. – С. 161-164.