

УДК 550.83:622.83

ОЦЕНКА ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Туманов В.В., Савченко А.В., Богак М.Ю., Шурховецкий С.А.
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Геофізичними методами ПВЕМПЗ і СГДК-А встановлена геодинамічна зональність території розвитку Придолинного скиду на полі шахти „Південно-Донбаська № 3” в Донецькому вугільному басейні.

Using geophysical methods of natural pulsed earth's electromagnetic field and azimuthal structural-geodynamic mapping, geodynamic zonality pattern in the evolution of the Prydolunny Fault on the allotment of the “Pivdenno-Donbaska No. 3” Mine in the Donets Coal Field is identified.

Разработка методов контроля за состоянием и геодинамическим строением массива горных пород на подрабатываемых территориях Донбасса является актуальной задачей для горной промышленности [1]. Задача оценки современного геодинамического (напряженно-деформационного) состояния горного массива в настоящее время достаточно успешно решается современными геофизическими методами электроразведки. При этом получение достоверной и качественной информации о геодинамическом строении, тектонических нарушениях и полях напряжений возможно на основе комплексирования бесконтактных методов: регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) и структурного геодинамического картирования азимутального (СГДК-А). Опыт применения указанных методов

для решения аналогичных задач изложен в справочной и технической литературе [2-6].

Задачей исследований естественного импульсного электромагнитного поля Земли методом **ЕИЭМПЗ** является выявление в изучаемом горном массиве областей повышенных напряжений, приуроченных к возможным тектоническим нарушениям, и трещиноватых обводненных зон [2-4]. Исследования выполняются с помощью дистанционного электромагнитного измерителя напряжений – прибором «Дэмон» и др. Прибор позволяет проводить измерение уровня потока ЕИЭМПЗ в частотном диапазоне 3-50 кГц с временной выборкой подсчета количества импульсов от 0,1 до 10 сек.

Используемое для анализа естественное импульсное электромагнитное поле Земли возникает в горном массиве в результате необратимых деформаций зерен минералов диэлектриков или заполненных электролитом капилляров при критических значениях механических напряжений. Сопровождающие эти процессы электроразрядные явления проявляются в виде электромагнитных импульсов, временная интенсивность которых качественно отражает геодинамическое состояние горного массива. В зонах структурных нарушений горного массива, в которых активно происходит накопление или перераспределение напряжений, интенсивность электромагнитной эмиссии значительно выше этого показателя в средах с релаксированными напряжениями, с повышенной трещиноватостью и (или) обводненностью, в которых электромагнитная эмиссия близка к фоновым значениям, обусловленными электромагнитными явлениями техногенного или атмосферного происхождения.

По результатам работ в Донецком бассейне Б.И.Белого и др. (ДО УкрГГРИ [4]) методом ЕИЭМПЗ установлено следующее:

– на образцах горных пород регистрируемое ЕИЭМПЗ при увеличении нагрузки возрастает, а с момента начала образования трещин до лавинообразного трещинообразования отмечается резкое снижение уровня наблюдаемого поля с последующим его возрастанием;

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

Таким образом, по повышенным значениям ЕИЭМПЗ выделяются зоны напряжений пород, а по пониженным – зоны разрывных нарушений, повышенной трещиноватости или обводненности пород. Относительная величина аномалии позволяет качественно судить об интенсивности проявления нарушенности пород.

Структурное геодинамическое картирование азимутальное СГДК-А основано на концепции, согласно которой текущие геодинамические процессы, приуроченные к тектоническим нарушениям фундамента и осадочного чехла, достаточно отчетливо проявляются в динамике физико-химических свойств горных сред поверхностного горизонта.

СГДК-А - азимутальный способ, оперирующий гармоническими полями, базируется на установленном явлении азимутальной неоднородности электропроводности различных сред поверхностного горизонта в связи с текущими геодинамическими процессами коренного массива [5].

Азимутальная неоднородность электропроводности поверхностных сред (далее просто азимутальная электропроводность) обнаруживает несколько фоновых и аномальных уровней [6]. Аномальные значения она приобретает над разрывными нарушениями и зонами их динамического влияния, над приповерхностным карстом, геологическими уступами, локальными магматическими объектами, формирующимися оползневыми отрывами и пр. Через

азимутальную неоднородность обнаруживаются и деформации грунтов, обусловленные интенсивными инженерными воздействиями на горную среду.

Основным техническим средством реализации способа является специально разработанный для этих целей полевой прибор "ЭФА" (Тахтамиров Е.П., 1980г. [5]). Сущность метода заключается в следующем. В точках геофизического профиля в поверхностном слое породного массива возбуждают первичное электромагнитное поле на фиксированной рабочей частоте и регистрируют амплитуды магнитной составляющей вторичного поля по кругу с центром в точке профиля.

По результатам измерений электропроводности рассчитываются критерии: K_1 , K_2 , K_3 . Наиболее значимым, является критерий K_1 . Кривая K_1 по профилю отражает вариации процесса дисперсии осей азимутальной электропроводности грунтов и характеризует степень изменения фонового поля данного параметра над зонами тектонических нарушений. Количественная оценка процесса дисперсии производилась по специальной вероятностной шкале, с последующим осреднением. Результаты определения K_1 являются основой картирования тектонических нарушений, трещиноватых зон.

Критерии K_2 и K_3 являются вспомогательными и отражают отклонение ориентировок азимутальной электропроводности на пикете соответственно от мегарегионального и регионального фона.

В качестве примера использования геофизических методов для оценки напряженно-деформированного состояния горного массива рассмотрим результаты полевых геофизических исследований на участке в северной части поля шахты «Южно-Донбасская № 3».

Исследуемый участок поля шахты "Южно-Донбасская №3" расположен в центральной части Южно-Донбасского угленосного района, на южном крыле Кальмиус-Торецкой котловины и сложен каменноугольными отложениями свит C_2^1 - C_1^3 и верхней частью свиты C_1^2 , повсеместно перекрытых чехлом мезо-кайнозойских отложений (рис. 1). Литологически каменноугольные отложения представлены чередованием слоев

аргиллитов, алевролитов, разномернистых песчаников с подчиненными слоями известняков и углей.

Мезозойские отложения на участке представлены мелоподобными мергелями и спонголитами – кремнистыми осадочными породами верхнего (K_2) и нижнего (K_1) разделов мела и имеют мощность 110 м.

Кайнозойские отложения представлены неоген-палеогеновыми образованиями (преимущественно песками мощностью до 50 м) и четвертичными элювиально-делювиальными образованиями (преимущественно суглинками и глинами мощностью 20,0 м).

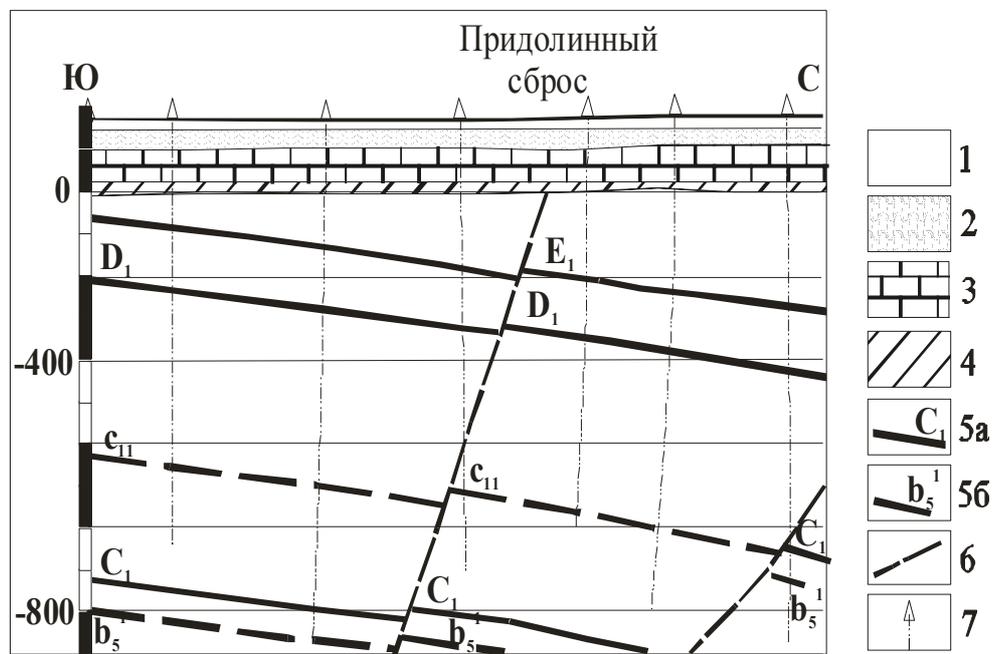


Рис. 1. Геологический разрез по линии 15-15':1 – четвертичные глины, суглинки; 2 - неоген-палеогеновые пески; 3, 4 - меловые соответственно мергели и спонголиты; 5 - нижнекаменноугольная толща переслаивания аргиллитов, алевролитов, песчаников, углей, известняков: 5а - свитные известняки, 5б - угли и их синонимика; 6 - разрывные тектонические нарушения; 7 - буровые скважины и их номер

Тектоника района определяется положением его на юго-западной окраине Донбасса в области соединения бассейна с

северным склоном Приазовской части Украинского кристаллического массива.

Для полигонного участка характерны пологие углы падения ($5-12^\circ$) нижнекаменноугольных отложений, наличие мелкоамплитудных (амплитудой 0,1-10,0 м) разрывных тектонических нарушений. Участок пересекает Придолинный западным падением плоскости сместителя под углом 70° (рис. 2). Шахта отрабатывает угольные пласты c_{11} и c_{13} марки "Г".

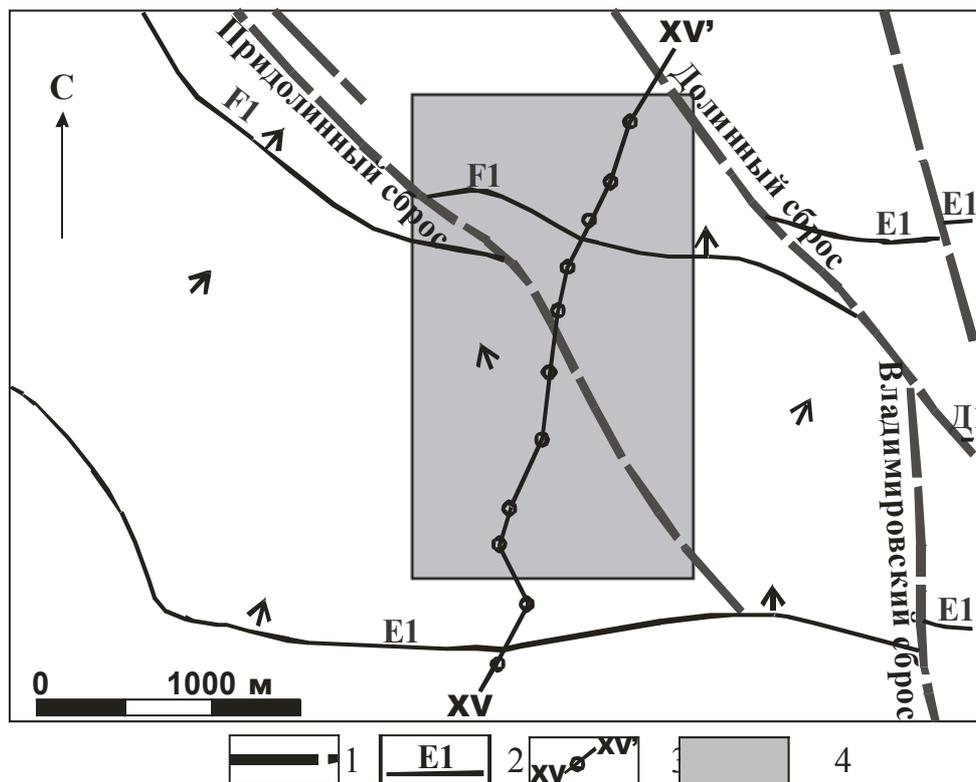


Рис. 2. Схема тектонического строения угленосного массива участка геофизических работ на поле ш. "Южно-Донбасская № 3": 1 - разрывные нарушения; 2 - свитные известняки; 3 - линия геологического разреза, скважины; 4 - экспериментальный участок геофизических работ

Геофизические исследования на выбранном участке выполнены методом ЕИЭМПЗ по 9 профилям, СГДК-А по 8 профилям на территории размером $1.3 \times 2.0 \text{ км}^2$.

На каждом пикете определялись вертикальная E_z и горизонтальная E_x составляющие **ЕИЭМПЗ**. Снижение влияния помех достигалось выбором оптимального положения антенны и пространственной фильтрацией данных наблюдений. Для исключения влияния суточных вариаций выполнялось отдельно по каждому профилю нормирование полевых результатов измерений ЕИЭМПЗ по стандартному отклонению по формуле:

$$E = (E_i - E_{cp}) / \sigma,$$

где E , E_i , E_{cp} – соответственно нормированное, измеренное на конкретном пикете и среднеарифметическое по профилю значения ЕИЭМПЗ;

σ – стандартное отклонение значений ЕИЭМПЗ по профилю.

Рассмотрим результаты измерений ЕИЭМПЗ на примере профиля ПР2 (рис. 3). Значения E_z ЕИЭМПЗ по профилю изменяются от 143 имп/с до 233 имп/с, в среднем равны 195 имп/с, стандартное отклонение равно 10,7 имп/с. Нормированные значения E_z по данному профилю изменяются от –1.5 отн.ед. до 2 отн. ед. при единичных значениях до ± 4 отн. ед.

Значения E_x изменяются от 282 имп/с до 435 имп/с, в среднем равны 367 имп/с, стандартное отклонение равно 19,9 имп/с. Нормированные значения E_x по данному профилю изменяются в основном от –1 отн.ед. до 1 отн.ед. при единичных значениях до ± 4 отн. ед.

Полученные результаты ЕИЭМПЗ свидетельствуют о следующем:

– изменения значений ЕИЭМПЗ по профилю слабо дифференцированы, что обусловлено большой мощностью (180 м) покровных мезокайнозойских отложений, наблюдается незначительная тенденция увеличения значений от начала профиля к его концу;

– с ПК 0 до ПК 470 значения E_z в основном отрицательные, с ПК 470 до ПК 1000 отмечается колебание средних значений от –1 отн. ед до +1 отн. ед., с ПК 1000 до ПК 1600 – в основном положительные;

– участок выхода Придолинного сброса на поверхность карбона (ПК 470) характеризуется синусоидальной аномалией

значений ЕИЭМПЗ: сначала возрастание значений от 0 отн. ед. до +0.8 отн. ед., затем уменьшение до – 0,3 отн. ед.

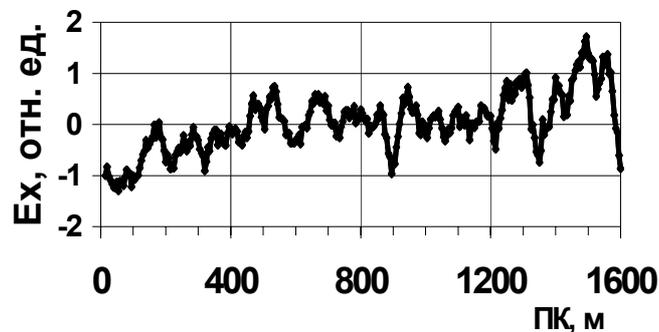


Рис. 3. Изменение горизонтальной E_x компоненты ЕИЭМПЗ по профилю № 2

В соответствии с основами метода ЕИЭМПЗ пониженные значения соответствуют токопроводящим участкам разрывных нарушений, увлажненным породам. Площадные изменения значений ЕИЭМПЗ показывают, что аномалии пониженных значений ЕИЭМПЗ отмечаются вдоль Придолинного сброса. Это свидетельствует о повышенной трещиноватости пород вдоль сброса. Очевидно, из-за большой мощности покровных мезокайнозойских отложений эти аномалии растянуты по площади (рис. 4А).

Результаты СГДК-А рассмотрим на примере профиля ПР2 (рис. 5). По критерию K_1 более 3^7 на каждом профиле выделены аномальные интервалы азимутальной электропроводности. Для каждого аномального интервала составлена круговая диаграмма, по которой определялась ориентировка азимутальной электропроводности. Ориентировка тектонической зоны, соответствующая ориентировке максимального удельного электросопротивления, принималась перпендикулярно ориентировке максимальной электропроводности.

Фоновое поле азимутальной электропроводности грунтов участка близко к мегарегиональному фону с преобладающей ориентировкой в широтном и меридиональном направлениях.

Одним из критериев аномальности в способе СГДК-А выступает показатель степени искажения качественных

характеристик фонового поля азимутальної електропровідності. В аномальних інтервалах орієнтовка тектонических зон перпендикулярна орієнтовке максимальної електропровідності. Практически по всем аномальным зонам преобладает орієнтовка максимального електросопротивлення (орієнтовка тектонических зон) в северо-восточном и северо-западном направлениях. По выявленным аномалиям и их орієнтовке составлена карта геодинамической зональности участка исследований (рис. 4Б).

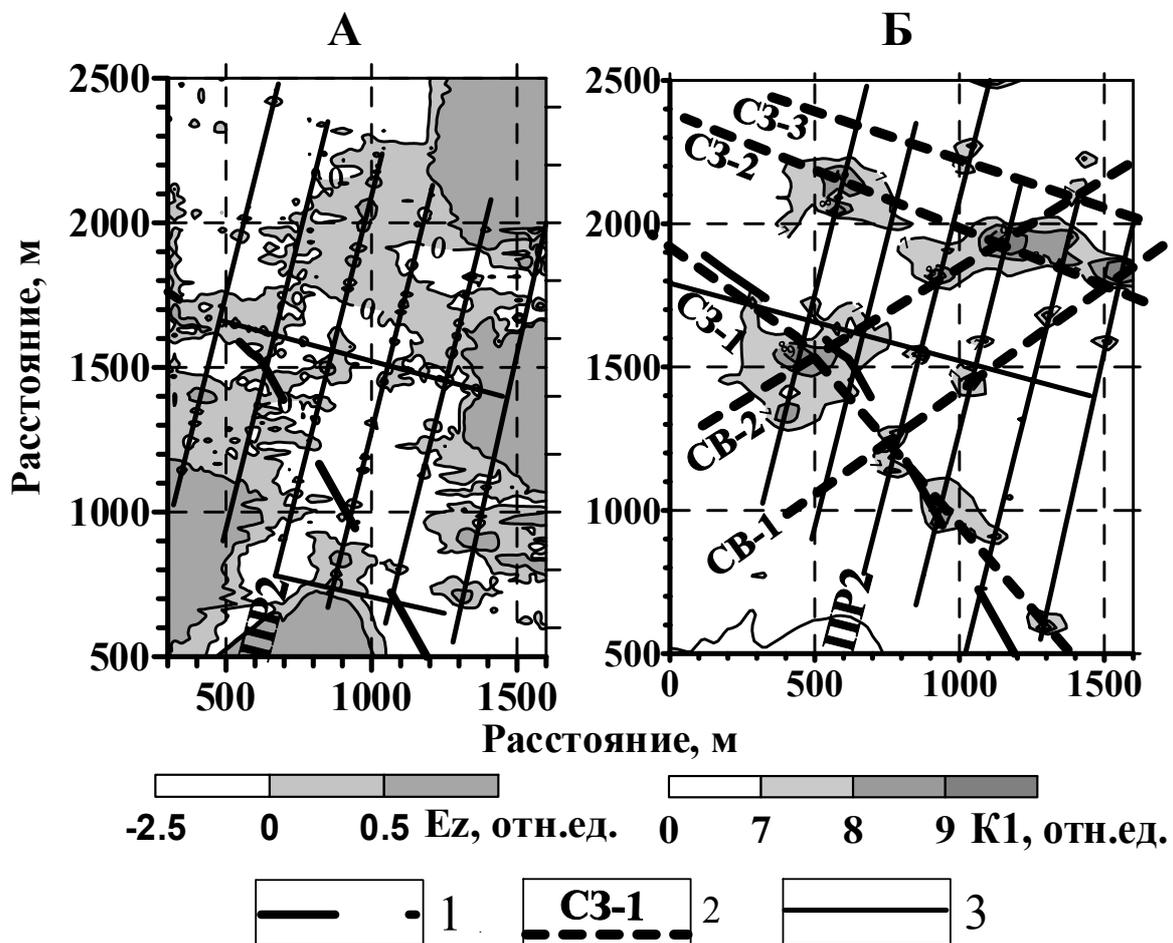


Рис. 4. Карты вертикальной E_z компоненты ЕИЭМПЗ (А), аномалий критерия K_1 по данным СГДК-А (Б) и геодинамической зональности участка п. шх. «Южно-Донбасская № 3» (Б): 1 - выход Придолинного сброса на поверхность карбона; 2 - геодинамическая зона и ее индекс; 3 - геофизический профиль, его номер и пикеты в метрах

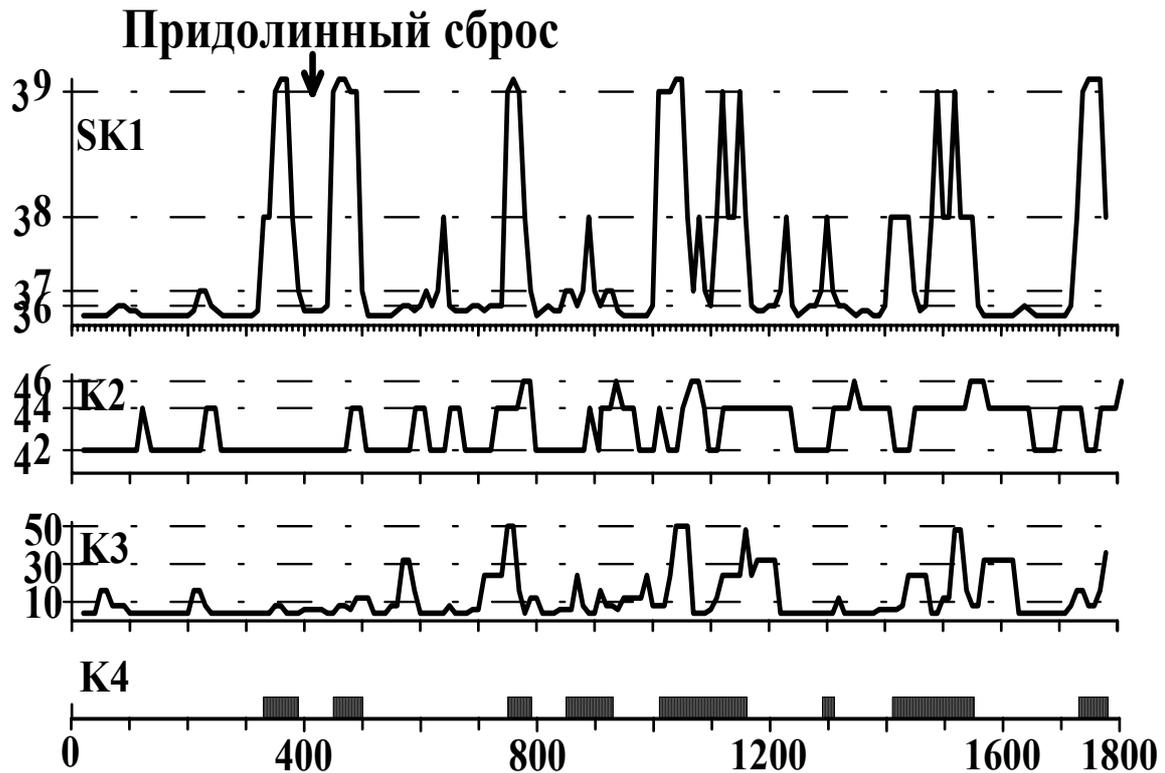


Рис. 5. Вариации критериев способа СГДК-А вдоль профиля ПР2 (На нижнем графике показаны аномалии, выделенные по критерию SK1)

По профилю ПР2 в районе Придолинного сброса (на ПК440-ПК500) выделяются две ориентировки: основная с простиранием по азимуту 45° , падением по азимуту 135° , и, менее выраженная, совпадающая с простиранием Придолинного сброса, с азимутом простирания 330° и падением по азимуту 240° .

В пределах исследуемой площади на земной поверхности выделено 5 геодинамических зон (их индексация дана в соответствии с азимутом простирания зоны):

- зоны северо-восточного простирания СВ-1, СВ-2;
- зоны северо-западного простирания СЗ-1, СЗ-2, СЗ-3.

Придолинный сброс проявляется по ГДЗ СЗ-1. ГДЗ СЗ-3 очевидно является апофизой Долинного сброса.

Полученные результаты по СГДК-А согласуются с данными ЕИЭМПЗ (см. рис. 5) – участки аномалий по критерию K_1 в общих чертах совпадают с пониженными значениями E_z и E_x .

По данным ЕИЭМПЗ, Придолинный сброс характеризуется неоднородным напряженно-деформированным состоянием: наряду с относительно повышенной трещиноватостью пород выделяются участки с повышенным напряженным состоянием. Один из таких напряженных участков приурочен к изгибу сброса (см. рис. 4А) и пересечению геодинамических зон СВ-2 и СЗ-1.

Каждый из применённых геофизических методов позволил охарактеризовать исследуемый массив с определённой стороны:

- ЕИЭМПЗ – напряженно-деформированное состояние и обводненность грунтов;
- СГДК-А – наличие активных современных геодинамических процессов, тектоно-структурные особенности горного массива.

Использование комплекса методов позволило исключить неоднозначность интерпретации результатов исследований каждого метода, детализировать геодинамическое состояние исследуемого массива и оценить его напряженно-деформированное состояние.

По ряду общих физико-геологических характеристик ГДЗ производилось выделение на геофизических профилях участков с однородным характером строения геофизических полей и аномальных участков по диагностическим критериям ГДЗ (табл. 1).

Таблица 1

Критерии выделения геодинамической зоны

№	Метод исследований	Информативный (диагностический) признак геодинамической зоны
1	ЕИЭМПЗ	Аномалии максимальных и минимальных значений ЕИЭМПЗ
2	СГДК-А	Линейно-вытянутая полоса аномалий максимальных значений дисперсии осей азимутальной электропроводности с единым векторным показателем простирания.

Производилась расшифровка геологической природы ГДЗ, состоящая в увязке и взаимном согласовании всей полученной и имеющейся геолого-геофизической интерпретации.

Принята следующая условная градация ГДЗ по геодинамической активности: I категория - высокая; II категория - средняя; III категория - низкая.

По комплексу признаков (интенсивность проявления, протяженность) определена относительная активность выявленных аномалий: наиболее высокоактивные ГДЗ СВ-2, СЗ-1 и СЗ-3 - остальные отнесены к низкоактивным.

ВЫВОДЫ

В результате выполненных исследований бесконтактными геоэлектрическими методами разработан комплексный критерий выделения геодинамических зон, и установлены следующие особенности геодинамического строения территории шахтного поля над разрывным нарушением:

– массив горных пород имеет зонально-блоковое строение, геодинамические блоки разделены геодинамическими зонами;

– геодинамические блоки – тектонически-однородные структурные элементы горного массива, характеризующиеся фоновыми значениями физических полей. Размер геодинамических блоков на исследованной территории колеблется в пределах от 100 до 500 м;

– геодинамические зоны на территории развития Придолинного сброса характеризуются аномальными характеристиками физических полей. Размеры геодинамических зон составляют: ширина - 50-150 м, протяженность по простиранию более 500 м. По своей геодинамической активности ГДЗ разделяются на высоко-, средне- и низкоактивные. С проекцией Придолинного сброса на земную поверхность совпадает высокоактивная геодинамическая зона.

СПИСОК ССЫЛОК

1. СНиП 1.02.07-87. Инженерные изыскания для строительства / Госстрой СССР, ГУГК СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. - 104 с.
2. Огильви А. А. Основы инженерной геофизики. - М.: Недра, 1990. - 468 с.
3. Методические рекомендации по изучению напряженного состояния горных пород методом ЕИЭМПЗ. – Симферополь: изд-во ИМР, 1991. -27 с.
4. 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. Стовас // – Горная геология, геомеханика и маркшейдерия: Сб. науч. докл. -Донецк: УкрНИМИ НАН Украины, 2004. – С. 161-164.
5. Панов Б.С., Тахтамиров Е.П. Новое в геолого-геофизических исследованиях // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. - 1993. - №3. С. 57-67.
6. А. с. 693317 СССР, G 01 V 3/12. Способ геоструктурного картирования / Ю.С. Рябоштан, Е.П. Тахтамиров (СССР). - №2493904; Заявлено 8.06.77; Опубл. 25.10.79; Бюл. № 39. – 11 с.