

УДК 550.83

## ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ВЫХОДЯЩИХ ПОД НАНОСЫ ДИЗЬЮНКТИВОВ

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

*Розглянуто собливості геофізичних полів за даними електричних, електромагнітних методів і еманацийної зйомки над Придолинним скидом на полі шахти «Південно-Донбаська № 3» у південно-західному Донбасі.*

*Features of geophysical fields based on electrical, electromagnetic and radon methods above the Pridolinny Fault at the field of "Yuzhno-Donbasskaya No. 3" Mine in the south-west Donbass are considered.*

Полнота и достоверность изучения геолого-структурного строения и состояния массива горных пород зависит от применяемого комплекса геофизических методов [1]. Отдельно взятый геофизический метод решает определенные задачи. Однако, по причине регистрации одним методом суммарного физического поля от множества разных источников в массиве горных пород, возникает неоднозначность решения обратной геофизической задачи. Использование только одного геофизического метода не позволяет однозначно и всесторонне изучить геологическое строение шахтного поля. В связи с этим, для решения конкретных геологических задач применяют определенные комплексы геофизических методов.

В данной статье рассматриваются результаты комплексного геолого-геофизического анализа результатов электрических, электромагнитных методов и эманационной съемки на экспери-

ментальном участке поля шахты "Южно-Донбасская № 3" в юго-западном Донбассе.

Ранее, по данному участку были рассмотрены результаты СГДК-А и ЕИЭМПЗ для оценки геодинамического состояния шахтного поля [2]. Для получения более полной информации о геолого-структурном строении участка и выяснении возможности других геофизических методов в настоящей статье, кроме указанных методов, рассматриваются в основном результаты вертикального электрического зондирования ВЭЗ и эманационной съемки ЭМС.

### **Общие сведения об участке исследований.**

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 мезокайнозойских отложений (рис. 1). Геологический разрез по геологоразведочному профилю № 15-15' представлен на сводном рисунке 2И и 2К.

Каменноугольные отложения представлены чередованием слоев аргиллитов, алевролитов, разномерных песчаников с подчиненными слоями известняков и углей.

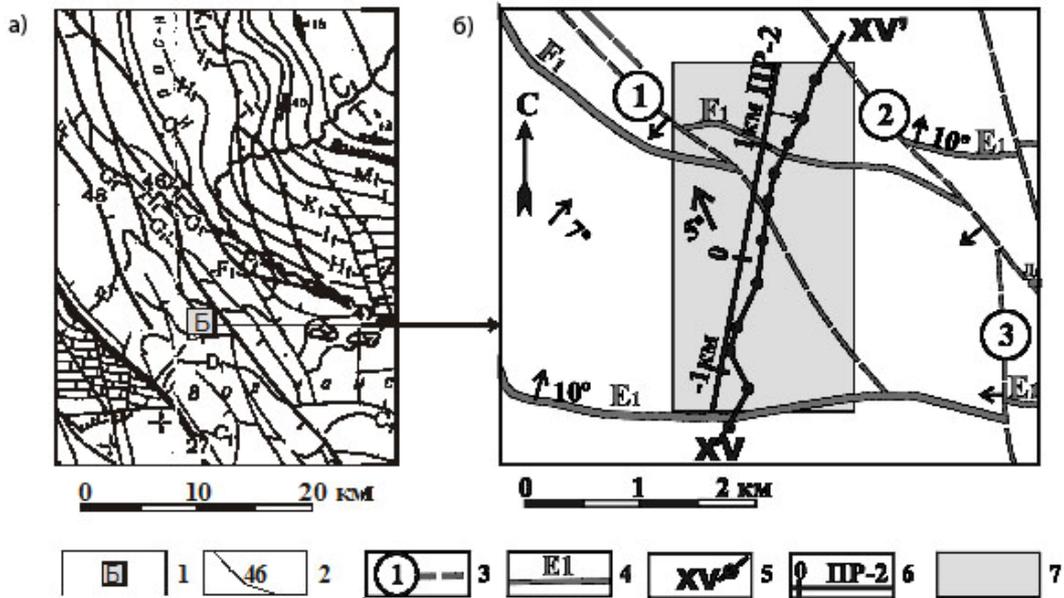
Мезозойские отложения на участке представлены мелоподобными мергелями и спонголитами – кремнистыми осадочными породами верхнего ( $K_2$ ) и нижнего ( $K_1$ ) разделов мела и имеют мощность 110 м.

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).

Тектоника района определяется положением его на юго-западной окраине Донбасса в области соединения бассейна с северным склоном Приазовской части Украинского кристаллического массива (см. рис. 1а).

Для экспериментального участка характерны пологие углы падения ( $5-12^\circ$ ) нижнекаменноугольных отложений, наличие

мелкоамплитудных (амплитудой 0,1-10,0 м) разрывных тектонических нарушений. Участок пересекает Придолинный сброс амплитудой 10-35 м северо-западного направления, с юго-западным падением плоскости сместителя под углом  $70^\circ$ .



1 – экспериментальный участок; 2, 3 – тектонические разрывные нарушения (сбросы) соответственно на геолого-структурной карте (46 - Долинный, 47 - Ялынский, 48 - Максимовский) и на участке поля шахты «Южно-Донбасская № 3» (1 – Придолинный, 2 - Долинный, 3 - Владимировский); 4 – свитные известняки; 5 – геологоразведочный профиль; 7 – геофизический профиль; 6 - экспериментальный участок.

Рис. 1. Положение экспериментального участка геофизических исследований на геолого-структурной карте масштаба 1:500 000 докембрийских отложений Донецкого угольного бассейна (а) и поле шахты «Южно-Донбасская № 3» (б)

Шахта отрабатывает угольные пласты  $c_{11}$  и  $c_{13}$  марки "Г". Проекция горных работ на профиль № 2 находится на пикетах от -1200 м до -200 м.

#### Геофизические исследования.

Геофизические исследования выполнены на территории размером  $1.3 \times 2.0 \text{ км}^2$  методом ЕИЭМПЗ по девяти профилям, СГДК-А - восьми профилям, ВЭЗ - трем профилям, ЭМС - одно-

му. В качестве примера приводятся результаты работ по геофизическому профилю № 2. Для удобства анализа полученных результатов комплекс геофизических методов приводится совместно с геологоразведочными данными на рисунке 2.

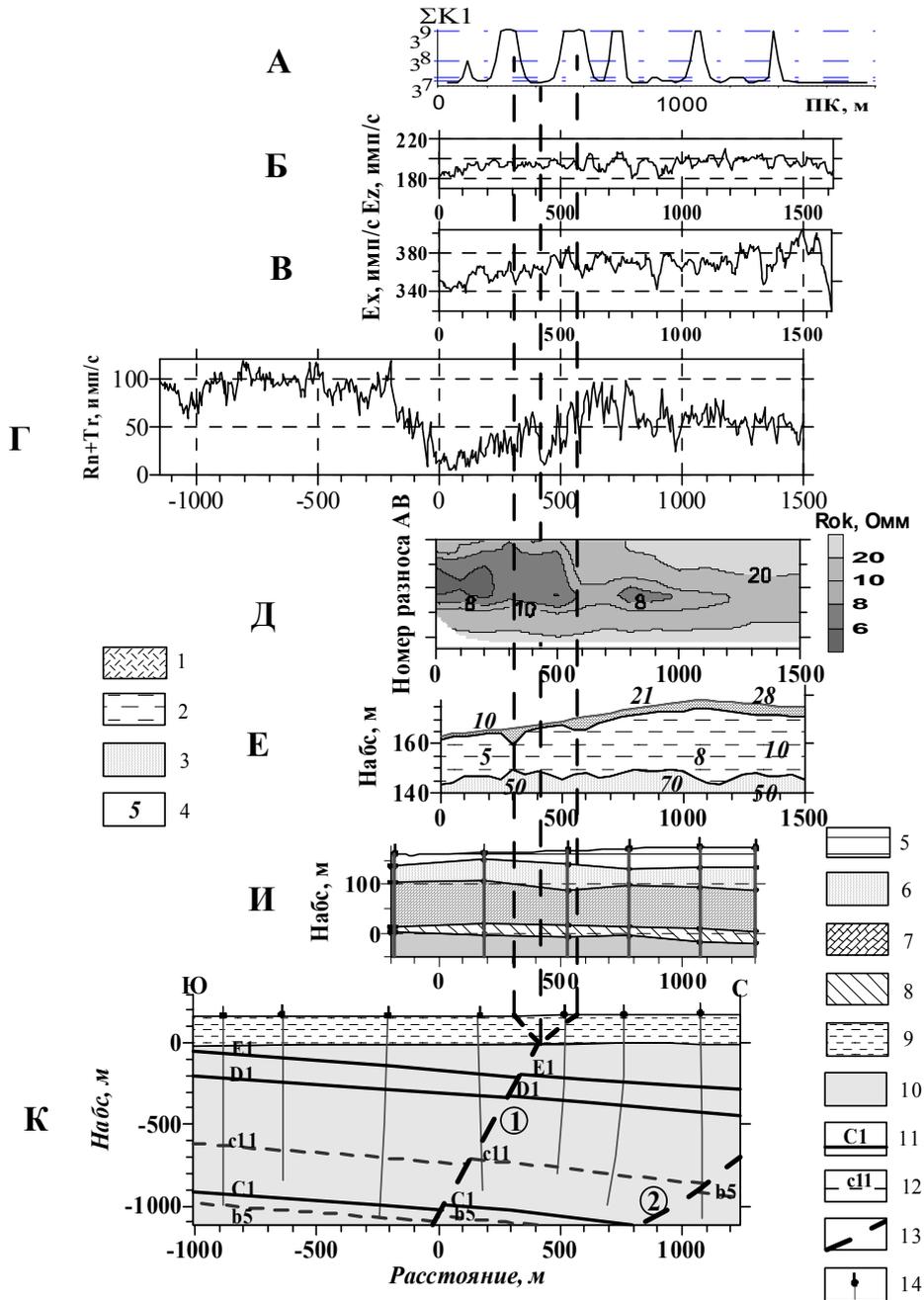


Рис. 2. Результаты комплексных геолого-геофизических исследований по профилю ПР-2 на участке поля шахты «Южно-Донбасская № 3»

Геофизические методы: **А** – СГДК-А; **Б, В** – ЕИЭМПЗ соответственно вертикальная и горизонтальная компоненты; **Г** – эманационная съемка; **Д, Е** – ВЭЗ соответственно псевдогеоэлектрический разрез и геоэлектрический разрез по данным количественной интерпретации (1 – рыхлые отложения; 2 - четвертичные глины, суглинки; 3 - неоген-палеогеновые пески; 4 – удельное электрическое сопротивление).

Геологический разрез: **И** – мезокайнозойских отложений (5 - четвертичные глины, суглинки; 6 - неоген-палеогеновые пески; 7, 8 - меловые соответственно мергели и спонголиты); **К** – каменноугольных отложений (9 – мезо-кайнозойские отложения; 10 – нижнекаменноугольная толща переслаивания аргиллитов, алевролитов, песчаников, углей, известняков; 11 – свитные известняки; 12 – угольные пласты и их синонимика; 13 – разрывные тектонические нарушения; 14 – геолого-разведочные скважины и их номер).

#### **Эманационная съемка.**

Эманационная съемка – это полевой радиометрический метод, основанный на изучении пространственного распределения концентраций свободной эманации радиоактивных подпочвенных газов радона  $Rn^{222}$  и торона  $Tn^{220}$ . Ввиду очень короткого периода жизни изучение актинона  $An^{219}$  в практике почти не выполняется [3].

Эманационная съемка производится с целью прослеживания скрытых под наносами зон тектонических нарушений, прогноза развития оползневых процессов, выявления участков развития деформаций земной поверхности при формировании мульды сдвига над горными выработками.

Предпосылкой применения эманационной съемки в комплексе инженерно-геофизических методов разведки является возникновение зон напряженно-деформированного состояния массива горных пород вследствие ведущихся в нем горных работ.

Локальное напряженно-деформированное состояние приводит к возникновению в массиве акустических, магнитных, электрических и некоторых других физических явлений, приводящих к резкому увеличению естественного импульсного электромагнитного поля Земли и эманационной способности радиоактивных

газов при кларковом содержании в массиве горных пород радиоактивных элементов [5].

По результатам эманационной съемки выделяются геодинамические зоны, активность которых зависит от степени влияния опасных физико-геологических процессов, протекающих в массиве горных пород. Под «геодинамической зоной» подразумевают участок земной поверхности, в пределах которого под воздействием этих процессов возникает напряженно-деформированное состояние массива горных пород. При этом зоны сжатия массива горных пород выделяются по повышенному содержанию  $Rn^{222}$ , в зонах растяжения превалирует  $Tn^{220}$  [6].

Активность геодинамических зон (геодинамическая активность) – понятие несколько условное, но позволяет оценивать степень возможного влияния геодинамических зон на устойчивость расположенных на них зданий и сооружений.

Геодинамическая активность оценивается по контрастности аномалий – отношению средневзвешенной амплитуды аномалии в пределах геодинамической зоны к средневзвешенному значению поля в пределах исследуемого участка.

Высокой геодинамической активности соответствует контрастность аномалии свыше 1,50, средней геодинамической активности – 1,30 – 1,50. Низкая геодинамическая активность определяется по контрастности аномалии менее 1,30.

Эманационная съемка заключается в отборе проб почвенного воздуха и их анализе с целью определения концентрации радиоактивных газов.

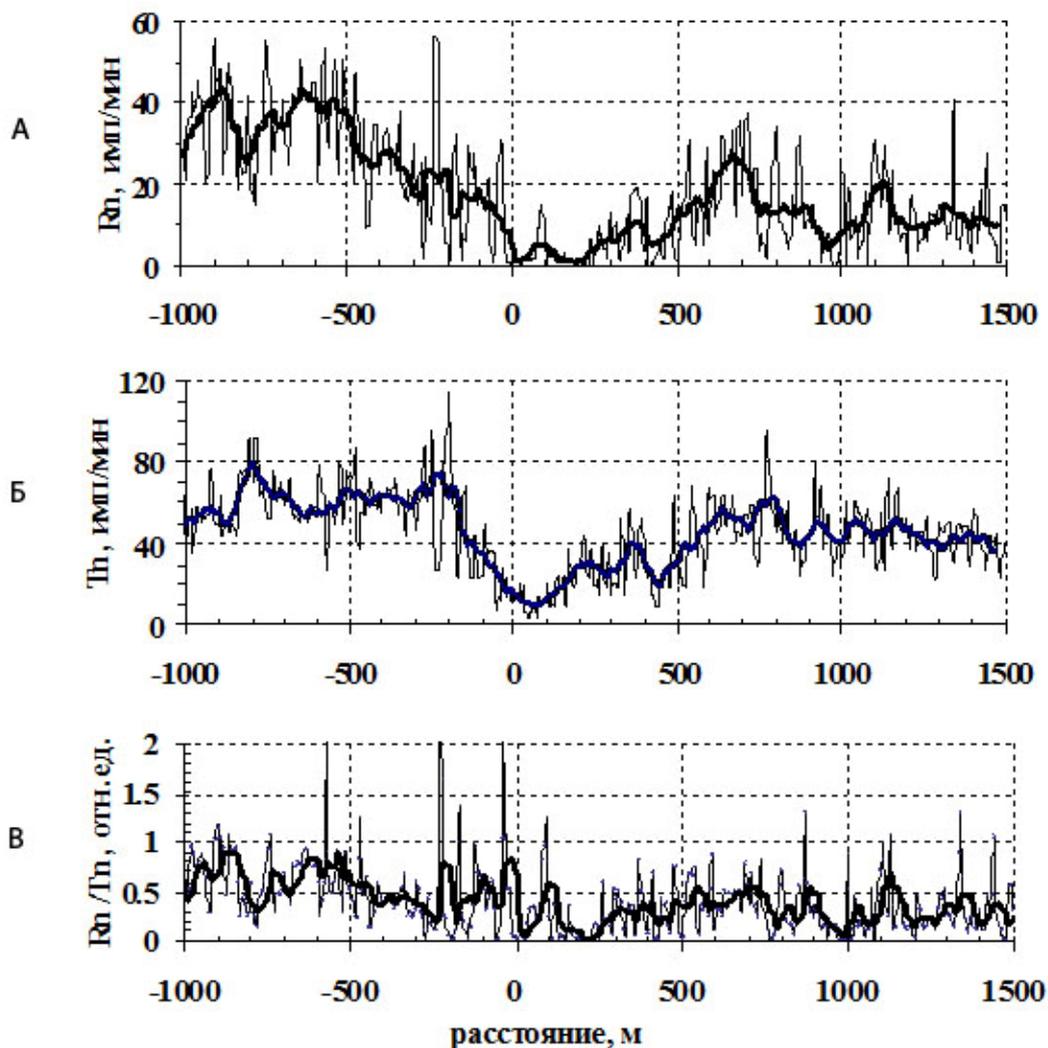
Для обеспечения выполнения эманационной съемки ручным способом производится бурение зондировочных скважин диаметром 30-36 мм глубиной 0,8-1,0 м. На каждой точке определяется общая концентрация радиоактивных газов в пробе почвенного воздуха. Для определения отдельного содержания  $Rn^{222}$  и  $Tn^{220}$  производятся повторные измерения сцинтилляционного эффекта во временном интервале 180 – 210 сек.

Учитывая характер поставленной задачи, в данном случае расстояние между точками измерений принято равным 5,0 м. Увеличение расстояния между точками измерений может привес-

ти к потере ценной информации, уменьшение – к неоправданному увеличению трудозатрат.

Геофизические исследования проведены по профилям вкрест искомых геологических структур – Придолинного сброса и очистных работ по угольному пласту  $C_{11}$ .

На стадии камеральных работ выполняется расчет радон-торонового соотношения, вычисление отдельного содержания радона и торона, построение графиков измеренных и вычисленных характеристик эманационного поля по профилям (рис. 2 Г, 3).



**А, Б** – содержание в почвенном воздухе соответственно радона ( $Rn$ ) и торона ( $Tn$ ); **В** – отношение содержания радона к торону

Рис. 3 Результаты эманационной съемки по профилю ПР 2

В результате выполненных полевых исследований и математической обработки их результатов на площадке выделено две основные геодинамические зоны.

Геодинамическая зона, выделенная в районе пикетов 80 – 580 м, характеризуется средней и повышенной суммарной концентрацией радиоактивных газов при относительно невысоком радон-тороновом соотношении. По контрастности аномалии равной в среднем 1,33 активность данной геодинамической зоны является средней и вызвана наличием в геологическом разрезе дизъюнктивного тектонического нарушения – Придолинного сброса (см. рис. 2 Г).

Следует отметить, что при нормальных условиях геодинамическая активность дизъюнктивных тектонических нарушений низкая, реже средняя.

В северной части участка отмечено повышение суммарной концентрации радиоактивных газов в пробах почвенного воздуха, что свидетельствует о наличии влияния Долинного сброса на массив горных пород.

В южной части исследованного участка выделена геодинамическая зона высокой активности, возникновение которой вызвано ведущимися в недрах участка очистными работами по угольному пласту С<sub>11</sub>.

Выемка угольного пласта вызывает повышение напряженно-деформированного состояния массива горных пород, достаточное для уверенной регистрации перестройки эманационных аномалий.

В пределах этой зоны отмечена высокая суммарная концентрация радиоактивных газов и чередование участков с преимущественно радоновым и преимущественно тороновым составом аномалий. Контрастность этой аномалии достигает 1,54.

Сложное (полосчатое) строение аномалии в пределах этой геодинамической зоны свидетельствует о наличии в пределах формирующейся мульды сдвижения чередующихся участков сжатия и растяжения массива горных пород.

Сопоставление результатов эманационной съемки с результатами других геофизических методов разведки показало хорошее совпадение аномальных зон, выявленных разными по физи-

ческой природе методами. Это позволило выполнить однозначную геолого-геофизическую интерпретацию полученных материалов.

### **Геофизические исследования методом ВЭЗ.**

Исследование методом вертикальных электрических зондирований (ВЕЗ) проводились с целью изучения электропроводных свойств верхней части геологического разреза в зоне влияния тектонического нарушения - Придолинного сброса.

Полевые наблюдения методом ВЕЗ выполнены на трех профилях длиной по 1500 м, ориентированных к северу от балки Волчья под углом около 450 к линии выхода плоскости сместителя Придолинного сброса под перекрывающие мезо-кайнозойские отложения. Расстояние между профилями составляло 400 м, между точками зондирований по профилю - 50 м.

Электрические зондирования выполнялись симметричной установкой АМNB с параметрами:

$AB_{min}=2,78$  м,  $AB_{max}=388$  м, коэффициент геометрической прогрессии увеличения АВ – 1,39;

$(MN)_1=1$  м для АВ = (2,78-144,6 м);

$(MN)_2=10$  м для АВ = (104-388 м).

Измерения осуществлялись с помощью электроразведывательной аппаратуры ЭРА с использованием тока частотой 4,88 Гц.

Общий объем работ методом ВЕЗ составил 4500 м, 93 точки ВЭЗ.

В результате обработки материалов полевых наблюдений построены псевдогеоэлектрические разрезы и вертикальные геоэлектрические разрезы по данным количественной интерпретации, которые отображают распределение электрических сопротивлений геологического разреза (рис. 2 Д, 2 Е).

По электропроводности на геоэлектрических разрезах выделены три горизонта. Приповерхностный горизонт отвечает рыхлым отложениям до глубины водоносного горизонта. Величина электрического сопротивления горизонта составляет 10-28 Омм и с глубиной закономерно понижается.

Водоносный горизонт в разрезе условно выделяется изолинией электросопротивления 10 Омм и имеет выдержанное рас-

пространение как в разрезе, так в литерале (рис. 2 Д). Этот слой соответствует элювиально-делювиальным образованиям, представленными в основном суглинками и глинами.

В его границах в южной части участка обнаружены локальные зоны большой мощности с аномально низкими значениями сопротивления – 5-6 Омм. В западном направлении (ПР 4) мощность аномального слоя уменьшается, а его глубина и распространение по площади увеличиваются.

В нижней части разреза под водоносным горизонтом наблюдается повышение электросопротивления пород до 40-80 Омм. Данный слой соответствует палеоген-неогеновым образованиям, представленными преимущественно песками. Для указанного горизонта наблюдается увеличение глубины его залегания в западном направлении.

Таким образом, по результатам вертикальных электрических зондирований в пределах участка выявлен характер распределения электросопротивления перекрывающих отложений в разрезе и по площади и выполнено расчленение разреза до глубины 40 м.

### **Комплексный анализ результатов геофизических исследований.**

В целом по профилю над Придолинным сбросом отмечается повышение увлажненности и уменьшение глубины его залегания на пикетах от нуля метров до 450-600 м. Этот участок профиля характеризуется снижением практически всех изученных геофизических параметров:

– горизонтальной компоненты ЕИЭМПЗ в среднем от 370 имп/с до 350 имп/с (рис. 2 В);

– содержания  $Rn+Tn$  в среднем от 60 имп/мин до 20 имп/мин (рис. 2 Г);

– удельного электрического сопротивления водоносного горизонта от 8-10 Омм до 5-6 Омм (рис. 2 Д, 2 Е).

Разрывное нарушение Придолинный сброс выходит под наносы на пикете 420 м профиля ПР 2. Согласно тектонофизическим положения его влияние в покровных отложениях на геологическом разрезе показано пунктиром под углом 50-60° в обе стороны от нарушения (рис. 2 К). Середины зон влияния данного

нарушения на поверхности отмечаются на пикетах 300 м и 580 м. Эти зоны на поверхности земли выделяются:

- широкими аномалиями критерия  $K_1$  метода СГДК-А на пикетах 200-300 м и 500-610 м (рис. 2 А);
- слабовыраженными аномалиями пониженных значений горизонтальной компоненты ЕИЭМПЗ (рис. 2 В), содержания радиоактивных газов (рис. 2 Г);
- увеличением мощности рыхлых отложений и соответственным понижением нижней границы первого от поверхности геоэлектрического слоя (рис. 2 Е).

## **ВЫВОДЫ**

Анализ результатов геофизических исследований над разрывным нарушением Придолинный сброс в юго-западном Донбассе свидетельствует о следующем.

1. Выход разрывного нарушения под наносы выделяется четкой аномалией пониженных значений радона и торона по данным эманационной съемки.
2. Наличие близкорасположенного водоносного горизонта к поверхности земли снижает возможности метода ЕИЭМПЗ для выделения разрывного нарушения.
3. Выходы зон напряженно-деформированного состояния пород на поверхность земли отражается широкими аномалиями критерия  $K_1$  метода СГДК-А.
4. Влияние зон напряженно-деформированного состояния пород на покровные отложения отражается в увеличении мощности рыхлых отложений первого от поверхности горизонта (увеличение зоны выветривания), что устанавливается по данным ВЭЗ.

Таким образом, комплексный анализ результатов геофизических методов разведки позволяет выявлять не только разрывные нарушения, но и участки с различной геодинамической активностью пород, сопровождающие выходящие под покровные отложения нарушения.

## СПИСОК ССЫЛОК

1. Комплексование методов разведочной геофизики. Справочник геофизика / Под ред. В. В. Бродового, А. А. Никитина. М.: Недра 1984. – 384 с.
2. 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.
3. Карпова Е.Н. Эманационная съемка. Учебно-методическое пособие. Изд. МГУ. - М. 1976, 43 с.
4. Закревский Б. А. К вопросу о взаимосвязи деформаций земной поверхности с аномалиями геофизических полей. - В сб. Научные труды ВАГО. Геодезические работы на подрабатываемых территориях. - М.; изд. ВАГО, 1987. - С. 53-57.
5. Закревский Б. А. Опыт применения геофизических методов для целей строительного проектирования на подрабатываемых территориях Донбасса. - В сб. Инженерно-технические изыскания и проектирование фундаментов в Донбассе. - Донецк: 1981. - С. 27-29.
6. Закревский Б. А. Геофизические исследования на подрабатываемых территориях. (Матеріали науково-практичної конференції, 17 – 21 вересня 2001 року, АР Крим, м. Коктебель). Київ, вид. Товариства “Знання” України, 2001, С. 91 – 93.